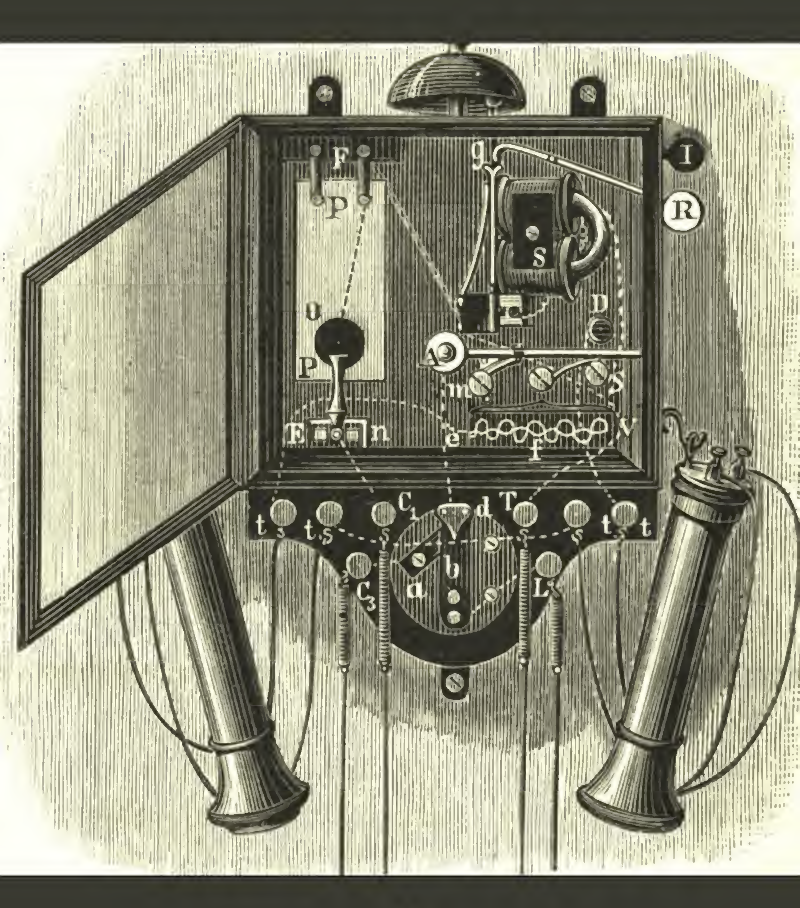


Telephon, Mikrophon und Radiophon

Theodor Schwartze

Eng









Elektro-technische BIBLIOTHEK.

VI. BAND.

TELEPHON

Mikrophon und Radiophon.

Zweite Auflage.

A. Hartleben's Verlag.
WIEN · PEST · LEIPZIG.

A. Hartleben's

Elektro-technische Bibliothek.

In reich illustr. Bänden, geh. à 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 Mark = 4 Fr. = 1 R. 80 Kop.; elegant gebunden à 2 fl. 20 kr. ö. W. = 4 Mark = 5 Fr. 35 Cts. = 2 R. 40 Kop.

I. Band. Die magnetelektrischen und dynamoelektrischen Maschinen und die sogenannten Secundär-Batterien, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction. 3. Aufl. Von Gustav Glaser-De Cew.

II. Band. Die elektrische Kraftübertragung und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. 2. Aufl. Von Eduard Japing.

III. Band. Das elektrische Licht. 2. Aufl. Von Dr. A. von Urbanitzky.

IV. Band. Die galvanischen Batterien, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction und ihre mannigfaltigen Anwendungen in der Praxis. Von Wilh. Ph. Hauck.

V. Band. Die Telegraphie, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack.

VI. Band. Telephon, Mikrophon und Radiophon, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von Theodor Schwartze.

VII. Band. Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetall-Gewinnung, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. V. Eduard Japing.

VIII. Band. Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente, sowie die Instrumente zum Studium der elektrostatischen Elektricität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction. Von A. Wilke.

IX. Band. Die Grundlehren der Elektricität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von Wilh. Ph. Hauck.

X. Band. Elektrisches Formelbuch mit einem Anhange, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech.

XI. Band. Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen. Von Dr. A. von Urbanitzky.

XII. Band. Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. Von L. Kohlfürst.

XIII. Band. Elektrische Uhren und Feuerwehr-Telegraphie. Von Prof. Dr. A. Tobler.

XIV. Band. Haus- und Hôtel-Telegraphie. Von O. Canter.

XV. Band. Die Anwendung der Elektricität für militärische Zwecke. Von Dr. Fr. Waechter.

XVI. Band. Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Von J. Zacharias.

XVII. Band. Die elektrische Eisenbahn bezüglich ihres Baues und Betriebes. Von Josef Krämer.

XVIII. Band. Die Elektrotechnik in der Heilkunde. Von Prof. Dr. Rud. Lewandowski.

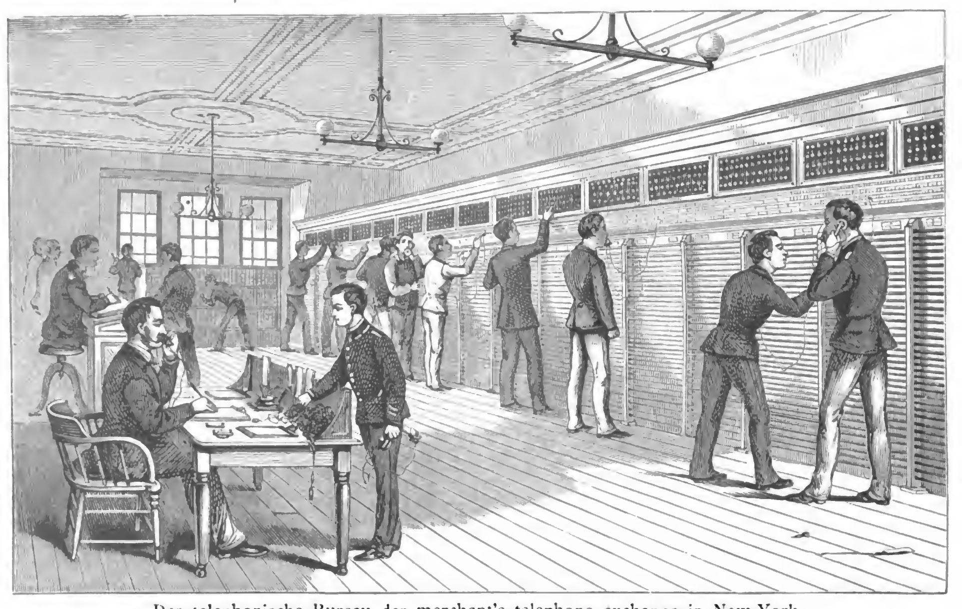
XIX. Band. Die Spannungs-Elektricität und ihre technischen Anwendungen. Von Prof. K. W. Zenger. — u. s. w. u. s. w.

Jeder Band ist für sich vollkommen abgeschlossen und einzeln käuflich.

Die Sammlung kann auch in Lieferungen à 30 kr. ö. W. = 60 Pf. = 80 Cts. = 36 Kop. bezogen werden.

Einzelne Werke werden nur in der Bandausgabe abgegeben.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.



Das telephonische Bureau der merchant's telephone exchange in New-York.

TELEPHON
Mikrophon und Radiophon.

Mit besonderer Rücksicht

auf ihre Anwendung in der Praxis

bearbeitet von

Theodor Schwartze
Ingenieur.

Mit 119 Abbildungen.

Zweite Auflage.



WIEN. PEST. LEIPZIG.
A. HARTLEBEN'S VERLAG.
1883.

K. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme in Wien.

Vorrede.

Das universelle physikalische Gesetz der Erhaltung der Energie tritt in dem Gebiete der Telephonie, Mikrophonie und Radiophonie höchst frappant zu Tage. Die Causalverknüpfung zwischen Schallschwingungen, molecularen Vibrationen und elektrischen Strömen ist ausser Zweifel gesetzt und damit ein Lichtstrahl auf gewisse für unsere Erkenntniss noch im Dunkel verborgene Erscheinungsgruppen geworfen. Hieraus erklärt sich zur Genüge das hohe Interesse, mit welchem nicht nur der Elektrotechniker, sondern auch der Physiker im Allgemeinen das oben genannte Gebiet betritt.

Möge dieses Werk nicht nur dem praktischen Fachmanne ein zuverlässiger Wegweiser sein durch die überaus reichhaltige Ansammlung der Thatsachen, sondern möge dasselbe, wenn auch nur in bescheidener Weise, Fingerzeige zu weiteren Forschungen geben.

Der Verfasser.

Inhalt.

Illustrations-Verzeichniss.

Elektrische Einheiten.

Mass-Einheiten, welche zu elektrischen Messungen dienen.

I. Die absoluten oder C. G. S. (Centimeter-Gramm-Secunde-) Einheiten.

1. Längeneinheit: 1 Centimeter.

2. Zeiteinheit: 1 Secunde.

3. Krafteinheit. Die Krafteinheit ist diejenige Kraft, welche für eine Secunde lang auf eine frei bewegliche Masse von dem Gewichte eines Grammes wirkend, dieser Masse eine Geschwindigkeit von 1 Centimeter per Secunde verleiht.

4. Die Arbeitseinheit ist die Arbeit, welche von der Krafteinheit verrichtet wird, wenn dieselbe die Entfernung von 1 Centimeter zurücklegt. Diese Einheit ist in Paris = 0·00101915 Centimeter-Gramm, oder mit andern Worten, um das Gewicht eines Grammes einen Centimeter hoch zu heben, sind 980.868 Krafteinheiten nöthig

5. Die Einheit der elektrischen Quantität ist diejenige Quantität von Elektricität, welche auf eine gleich grosse Quantität, die einen Centimeter weit entfernt ist, eine Kraft gleich der Krafteinheit ausübt.

6. Die Einheit des Potentials oder der elektromotorischen Kraft existirt zwischen zwei Punkten, wenn die Einheit der elektrischen Quantität bei ihrer Bewegung von dem einen Punkte zum andern die Krafteinheit gebraucht, um die elektrische Abstossung zu überwinden.

7. Die Widerstandseinheit ist die Einheit, welche nur einer Quantitätseinheit den Uebergang zwischen zwei Punkten, zwischen welchen die Potentialeinheit existirt, in einer Secunde gestattet.

II. Die sogenannten praktischen Einheiten für elektrische Messungen.

1. Weber, Einheit der magnetischen Quantität $= 10^8$ C. G. S. Einheiten
2. Ohm[1] » des Widerstandes $= 10^9$ » »
3. Volt[2] » der elektromotor. Kraft $= 10^8$ » »
4. Ampère[3] » » Stromstärke $= 10^{-1}$ » »
5. Coulomb[4] » » Quantität $= 10^{-1}$ » »
6. Watt[5] » » Kraft $= 10^7$ » »
7. Farad » » Capacität $= 10^{-9}$ » »

[1]) 1 Ohm ist gleich 1·0493 Siem. Einh. und etwa gleich dem Widerstande von 48·5 Meter reinen Kupferdrahtes von einem Durchmesser von 1 Mm. bei einer Temperatur von 0° Celsius.

[2]) Ein Volt ist 5—10% weniger als die elektromotorische Kraft eines Daniell'schen Elementes.

[3]) Der Strom, welcher durch die elektromotorische Krafteinheit die Widerstandseinheit in einer Secunde zu durchfliessen im Stande ist, ist = 1 Amp.

[4]) Coulomb heisst jene Quantität der Elektricität, welche per Secunde ein Ampère giebt.

[5]) 1 Watt = Ampère × Volt. 1 H. P. (horse power) $= \frac{\text{Amp.} \times \text{Volt}}{746}$

1 Cheval de vapeur $= \frac{\text{Amp.} \times \text{Volt.}}{735.}$ = P. S. (Pferdestärke.)

Widerstandseinheiten. *)

Name der Einheit	CS⁻¹	Ohm	Siemens	Deutsche Meile Draht 4 mm.	Franz. Meile Draht 7 mm.	Engl. Meile Kupferdr. 1·6 mm.
CS⁻¹	1	10^{-9}	$1,05 . 10^{-9}$	$18 . 10^{-12}$	$105 . 10^{-12}$	$74 . 10^{12}$
Ohm	10^9	1	1,05	0,018	0,105	0,074
Siemens	$95 . 10^7$	0,95	1	0,017	0,1	0,071
Deutsche Meile	$57 . 10^9$	57	60	1	6	4,26
Franz. Meile	$95 . 10^8$	9,5	10	0,17	1	0 71
Engl. Meile	$13414 . 10^6$	13,414	14,12	0,235	1,41	1

Stromeinheiten. *)

Name der Einheit	CGS	Ampère	Daniell-Siemens	Jacobi per Min.	Silber mg. per Min.	Engl. mg. per Min.
CGS	1	10	8·5	105·2	676·5	198·6
Ampère	0·1	1	0·85	10·52	67·65	19·86
Daniell : Siemens	0·117	1·17	1	12·31	78·95	23·23
Jacobi	0·958	0·095	0·082	1	6·4	1·89
Silber mg.	0·148	0·015	0·013	0·156	1	0·294
Kupfer mg.	0·502	0·05	0·013	0·529	3·41	1

*) Uppenborn, IV. B. 7.

Einleitung.

Die Bedeutung und Geschichte des Telephons.

Die Telephonie, d. i. das Fernsprechen, bildet einen zwar untergeordneten, in vieler Beziehung aber äusserst wichtigen und interessanten Zweig der elektrischen Telegraphie.

Durch die Anwendung der Telephonie ist das Gebiet der elektrischen Telegraphie nach verschiedenen Richtungen hin bedeutend erweitert worden, denn zu dem grossen telegraphischen Verkehr, wie solchen der Welthandel sowie die wirthschaftlichen und politischen Beziehungen der Völker jetzt erfordert, hat sich der bequemste Kleinverkehr durch das Telephon gesellt, wie solcher für unsere complicirten gewerblichen und socialen Verhältnisse höchst erwünscht ist.

Die Telephonie ermöglicht den elektrischen Verkehr ohne besondere Uebung, in bequemster und zweckentsprechendster Weise, während die elektrische Grosstelegraphie besonders eingeübter Beamter bedarf. Anstatt der künstlich zusammengesetzten, in ihrer Wirkungsweise und Verständigungsform für den Laien sehr schwierig zu benutzenden Apparate, wie sie die Grosstelegraphie gebraucht, benutzt die Telephonie höchst einfache, in ihrer Anwendung keine besondere Uebung erfordernden Instrumente, welche ohneweiters die directe sprachliche

Mittheilung in die Ferne gestatten. Es wird somit durch das Telephon den Bedürfnissen des Verkehrs in einer Weise genügt, wie sie gar nicht bequemer und zweckentsprechender gedacht werden kann. Ausserdem ist aber auch das Telephon noch zu mancherlei Zwecken im Gewerbe, Militärwesen, Heilkunst und Wissenschaft zu benutzen.

Der Grund davon, dass des Telephon in viel beschränkterem Grade für die Mittheilung in die Ferne benutzt werden kann, als der eigentliche elektrische Telegraph, liegt darin, dass letzterer ein mechanischer maschineller Apparat ist, dessen Betriebskraft sich innerhalb gewisser Grenzen beliebig verstärken lässt, während das Telephon nur als ein höchst empfindliches physikalisches Instrument zu construiren ist, auf welches auch die schwächsten durch seine Leitung gesendeten Stromschwankungen noch einwirken können. Wenn also schon die Telegraphen-Apparate durch die auf ihre Leitungen einwirkenden störenden Einflüsse leicht afficirt werden und deshalb zeitweise ihren Dienst unsicher verrichten, so ist dies in noch viel höherem Grade mit den Telephonen der Fall, so dass dieselben unter sonst gleichen Verhältnissen noch weit leichter in ihrem Betriebe Störungen zu erleiden haben und unerwartet den Dienst versagen. Aus diesem Grunde ist die Benutzung des Telephons über eine Entfernung von acht bis höchstens zehn Meilen auch unter regelmässigen Verhältnissen sehr unsicher und die gleiche Unsicherheit macht sich auch schon im Betriebe kürzerer telephonischer Leitungen bei Einwirkung nicht selten eintretender ungünstiger Umstände geltend. Immerhin ist aber durch Versuche festgestellt, dass telephonische Verständigung unter besonders günstigen Verhältnissen bis auf weite

Strecken und selbst durch lange unterseeische Kabel ausführbar ist, wobei aber freilich auf einen regelmässigen Verkehr nur mit geringer Sicherheit gerechnet werden kann.

So wurde z. B. im Jahre 1878 das Unterseekabel zwischen St. Margareth (an der englischen Küste) und Sangate (an der französischen Küste) mit Telephonen verbunden und ein befriedigendes Resultat erhalten; dasselbe war der Fall bei den im September 1880 zwischen Brest und Penzance (der südlichsten Stadt Englands) angestellten telephonischen Proben. Bei Gelegenheit der Münchener Elektricitäts-Ausstellung (1882) fanden telephonische Versuche auf eine Entfernung von etwa 540 Km. statt, zu welchem Zwecke die deutsche Reichsverwaltung eine Telegraphenleitung von Dresden nach Hof, im Anschlusse an die von der königlich baierischen Verwaltung zu diesen Versuchen bestimmten Leitung über Regensburg und Bayreuth nach Hof, zur Verfügung gestellt hatte. Am 29. September wurden Morgens zwischen 7 und 8 Uhr in die genannte oberirdische Leitung in München, Bayreuth und Dresden geeignete telephonische Instrumente neuester Construction eingeschaltet. Eine Verständigung zwischen Dresden und München war dabei nicht zu erzielen, jedoch konnte man in Bayreuth namentlich die in München gesprochenen Worte vernehmen. Während der ganzen Versuchsdauer war in den Telephonen ein anhaltender und ganz gleichmässiger Ton von ziemlicher Höhe zu hören, über dessen Entstehungsursache man nicht klar werden konnte. Viel günstiger verliefen die am 28. September Früh zwischen 7 und 8 Uhr mit Regensburg (auf 137 Km. Distanz) und an demselben Tage Nachts zwischen 11

und 12 Uhr mit Bayreuth (auf 282 Km. Distanz) angestellten Versuche, wobei man sich vollkommen verständlich unterhalten konnte, obschon meist sehr starke Nebengeräusche, welche von den benachbarten Telegraphenleitungen und den Leitungen der elektrischen Eisenbahn-Signalvorrichtungen herrührten, in den Telephonen hörbar wurden.

Schon früher — zuerst im December 1877 in Dresden — hatte man Versuche mit gleichzeitiger Benutzung des gewöhnlichen Telegrahen-Apparates (Morse) und des Telephons in ein und derselben Leitung angestellt, wobei die Durchführbarkeit dieser Art der Doppeltelegraphie ausser allen Zweifel gesetzt wurde. Weitere Versuche in gleicher Richtung führte zu Anfang 1879 die Reichs-Telegraphenverwaltung aus und desgleichen fanden 1881 Versuche auf den Leitungen der Buschtěhrader Eisenbahn in einer 126 Km. langen Linie statt, in welche ausser den Telephonen noch 24 Telegraphenstationen eingeschaltet waren. Am effectvollsten zeigten sich in dieser Beziehung die im Mai 1882 zwischen Brüssel und Paris auf 310 Km. Distanz angestellten Versuche, bei denen das gleichzeitige Telegraphiren mit dem gewöhnlichen telegraphischen Schreib-Apparate nach Morse's System und dem Telephon in der bereits im Dienste befindlichen und daher durch ihren elektrischen Zustand für das Telephoniren keineswegs günstig beschaffenen Leitung sehr wohl gelang.

Auf den deutschen Bahnen wurde das Telephoniren oder Fernsprechen früher als anderwärts für die Zwecke der Verkehrsverwaltung eingeführt.*) Bereits im No-

*) Nach C. L. Unger in der „Elektro-technischen Zeitschrift" 1882.

vember 1877 ist die deutsche Reichspost- und Telegraphenverwaltung mit der Einrichtung von Fernsprechanlagen in kleineren Orten vorgegangen. Am 12. November 1877 wurde das erste Fernsprechamt in Friedrichsberg bei Berlin eröffnet. Zu Anfang des Jahres 1882 waren bereits 1280 Fernsprechämter über das gesammte deutsche Postgebiet vertheilt und in voller Thätigkeit. Ausser der Einrichtung von Fernsprechanlagen in kleineren Orten richtete die Reichs-Postverwaltung auch ihr Augenmerk auf die Anlage von Fernsprech-Vermittlungsstellen für den grossstädtischen Localverkehr.

Anfangs verhielt sich das grössere Publicum gegen das neue Verkehrsmittel gleichgiltig und zurückhaltend; erst nach wiederholten Bekanntmachungen gelang es, zuerst zu Mülhausen im Elsass und in Berlin, eine genügende Anzahl von Theilnebmern zu gewinnen, um mit den Fernsprechanlagen beginnen zu können. Im April 1881 wurde in der Reichshauptstadt der Fernsprechverkehr mit 87 Theilnehmern eröffnet, nachdem die Vermittlungsanstalt in Mülhausen schon einige Monate früher dem Betriebe übergeben worden war. Gleich nach der Bethätigung der ersten Einrichtungen trat ein Umschwung in der öffentlichen Meinung bezüglich des neuen Verkehrsmittels ein und ein Jahr danach wuchs z. B. in Berlin die Zahl der zwischen den einzelnen Theilnehmern mittelst des Fernsprechers geführten Gespräche in jedem Monate durchschnittlich um sechstausend.

Nicht nur von Handeltreibenden und Industriellen, sondern auch von Privatpersonen werden die Fernsprecheinrichtungen mit Vortheil benutzt. Sämmtliche Ministerien der Reichshauptstadt, alle Eisenbahnverwaltungen

mit ihren Bureaux und Güterexpeditionen, die Gütersammelstellen und zahlreiche Spediteure, sehr viele Bank- und Handelsfirmen, Fabriken, Buchhandlungen und Buchdruckereien, Zeitungsredactionen, Rechtsanwälte, Aerzte u. s. w. führt das Berliner Verzeichniss als Theilnehmer an der allgemeinen Fernsprecheinrichtung auf.

Gegenwärtig sind in vielen deutschen Städten Fernsprecheinrichtungen im Betriebe und für andere Städte sind sie in Aussicht genommen, da gegenwärtig keine grössere Stadt dieses über Alles bequemen Verkehrsmittels entbehren will und kann. Sogar von einer Reihe kleinerer Orte lagen zu Anfang des Jahres 1882 dem Reichspostamte Anträge auf Einrichtung von Fernsprechanstalten vor.

Mit Bezug auf die Entwicklung des Fernsprechverkehrs steht unter den deutschen Städten Berlin obenan. Die Fernsprechleitungen hatten hier zu Anfang 1882 bereits die ansehnliche Gesammtlänge von 1554 Km. erreicht; danach kommt Hamburg mit 911, Breslau mit 200 Km. u. s. w. Zur Befestigung der Drähte waren in Berlin 2148 Stützpunkte, in Hamburg 964 Stützen auf den Firsten oder an sonst schwer zugänglichen Seitentheilen der Hausgiebel anzubringen und die Drähte oft über weite Zwischenräume fortzuführen. Die Zahl der angemeldeten Stellen zur Anlage von Fernsprechstationen nimmt in den Städten, wo solche im Betriebe, rapid zu. In Berlin betrug zu Anfang 1882 die Zahl der angemeldeten Stellen 668, in Hamburg 523.

In Berlin sind zur Zeit drei Vermittlungsstellen oder Centralstationen eingerichtet, die sich in reichseigenen Gebäuden befinden. Beispielsweise sind in der Centralstation in der Französischen Strasse gegenwärtig

vier Klappensysteme mit je fünfzig Klappen aufgestellt. Drei und zeitweilig vier Beamte besorgen in der Zeit von 8 Uhr Morgens bis 9 Uhr Abends den Dienst; dieselben haben bereits grosse Uebung erlangt und sind mit den bezüglichen Gewohnheiten der Fernsprechenden schon ganz vertraut geworden. Sie wissen, zu welchen Zeiten, mit wem und wie lange die Einzelnen miteinander zu sprechen pflegen. Durch diese Uebung wird das Dienstgeschäft nicht unwesentlich erleichtert, umsomehr, als noch vielfach vergessen wird, die Vermittlungsstelle durch Drücken der Taste davon zu benachrichtigen, sobald eine Unterredung beendet ist. Bei den drei Berliner Centralstationen sind in den Tagen vom 1. bis 21. December 1881 im Ganzen 34.530 einzelne Drahtverbindungen ausgeführt worden; es entfallen somit auf den Tag rund 1650 Verbindungen oder, wenn man die schwächer benutzten drei Sonntage mit 728, 540, beziehentlich 333 Verbindungen in Abrechnung bringt, 1830 Verbindungen auf den Wochentag. Am stärksten sind die Vermittlungsbeamten in der Zeit von 12 bis 1 Uhr Mittags während der Börse in Anspruch genommen. In dieser Stunde werden allein im Centralamte der Französischen Strasse durchschnittlich 158 Verbindungen hergestellt; es kommen also auf alle zwei Minuten deren fünf. Von 3 bis 4 Uhr Nachmittags tritt eine kleine Ruhepause ein, während der Verkehr in der Zeit von 5 bis 7 Uhr Abends sich bedeutend wieder hebt. Von der Uebermittlung der Nachrichten zur Weiterbeförderung mittelst Postkarte wird in Berlin, wohl wegen der Schnelligkeit, welche die Rohrpost bietet, seither kein bedeutender Gebrauch gemacht; dagegen beläuft sich die Zahl der in den erwähnten einundzwanzig Tagen

mittelst Fernsprecher aufgegebenen Telegramme auf hundertundsechsundfünfzig.

Von besonderem Interesse sind die Fernsprecheinrichtungen in der Berliner Börse und in den öffentlichen Fernsprechstellen.

Die Fernsprechzellen der Börse sind so eingerichtet, dass das gesprochene Wort nicht hinausdringen kann und dass die Sprechenden durch Geräusch von ausserhalb nicht belästigt werden. Die Zellen haben doppelte Wandungen und die Zwischenräume sind mit schlechten Schallleitern (Asche, Lehm oder Sägespänen) ausgefüllt. Der innere Raum ist zunächst mit einer Schicht dünner Pappe bekleidet, dann folgt auf Leisten gespannter, mit Baumwollstoff überzogener Filz und erst auf diesem ist die Tapete befestigt. Diese Einrichtung erfüllt ihren Zweck vollständig. Die neun Fernsprechzellen an der Berliner Börse werden seitens der Börsenbesucher lebhaft benutzt. Durchschnittlich werden täglich 250 Verbindungen im Verkehr mit der Börse ausgeführt. Auch die öffentlichen Fernsprechstellen haben bei dem Publicum eine günstige Aufnahme gefunden. Durch sie kann Jedermann gegen Entrichtung einer Gebühr von 50 Pfennigen für je fünf Minuten Sprechzeit nach Belieben mit jeder anderen Person sprechen, deren Wohnung oder Geschäftslocal in das allgemeine Fernsprechnetz eingeschlossen ist.

Die Construction der jetzt bestehenden Fernsprecher (Telephone) ist in der That bis zur äussersten Bequemlichkeit getrieben. Telephon und Weck-Apparat sind bei den besten Einrichtungen so auf einer Platte montirt, dass nur bei Entnahme des Telephons von seiner Stelle am Apparate die Verbindung zwischen den Telephonen der beiden Stationen hergestellt ist, während durch Hin-

stellen, resp. Hinhängen des Telephons an seinen Platz die beiden Weck-Apparate in Verbindung gesetzt werden und also zur Benutzung bereit sind. Die Controlstation wird durch einen Weck- und Nummer-Apparat benachrichtigt, wann und mit wem man sich in telephonische Verbindung zu setzen wünscht und diese Verbindung wird hergestellt, indem der betreffende Beamte an der Centralstation einen metallenen Pflock oder sogenannten Stöpsel an der geeigneten Stelle einsteckt; nach Beendigung der durch ein Signal angezeigten Unterhaltung wird der Stöpsel wieder entfernt und damit auch die nun nicht mehr nöthige Verbindung unterbrochen.

In Amerika wird zur Zeit das Telephon für den öffentlichen Telegraphenverkehr nur sehr wenig benutzt, dagegen ist seine Benutzung im Privatverkehr um so grösser. Zu Anfang des Jahres 1881 schätzte man die Anzahl der für den Verkehr zwischen Privatleuten benutzten Telephone in den Vereinigten Staaten auf ungefähr 70.000.

Eine entschiedene Bedeutung hat der telephonische Verkehr auch in grossen Städten für den Polizei- und Feuerwehrdienst erlangt. Es können dadurch einerseits die Schnelligkeit und Wirksamkeit der bezüglichen Hilfeleistungen in dringenden Fällen vergrössert und andererseits der Wachtdienst der genannten Sicherheitsorgane, sowie die Kosten, welche das dazu nöthige grössere Personal verursacht, bedeutend verringert werden. So spielt beispielsweise das Polizeitelephon in Chicago schon seit einigen Jahren eine wichtige Rolle und die dortige Organisation ist als eine mustergiltige zu bezeichnen.

Ein dringendes Bedürfniss, einen Wächter oder Schutzmann auf einen bestimmten Punkt der Stadt her-

beizurufen, tritt im Allgemeinen selten ein, weshalb man das Hauptaugenmerk darauf gerichtet hat, mittelst der Telephonie den jedem einzelnen Wachtposten zur Ueberwachung anvertrauten Rayon zu vergrössern. In Chicago beschafft man dazu die Möglichkeit, die Polizei leicht und schnell herbeizurufen. Jeder Mann der Patrouille oder auf Posten kann sich sofort mit seiner Abtheilung und nöthigenfalls auch mit dem nächsten Polizeiposten des Bezirkes oder der Centrallstelle in Verbindung setzen. Ferner kann jeder angesehene und achtbare Bürger im Nothfalle die Polizei rasch herbeirufen.

An bestimmten und passend gewählten Punkten jedes Bezirkes sind zu diesen Zwecken Polizeiposten errichtet; bei denselben befinden sich ein Wagen, ein Pferd und drei Mann in steter Bereitschaft. Der Wagen führt eine Bank, Decken und die nothwendigsten Geräthschaften, um eine kranke oder verwundete Person, beziehentlich ein verloren gegangenes Kind mitzunehmen und dafür zu sorgen, Verbrecher festzunehmen oder dergleichen Diensten zu genügen. Die Polizeiposten stehen in telephonischer Verbindung mit öffentlichen Alarmstationen, welche Schilderhäuschen gleichen und längs der Strassen in entsprechenden Entfernungen vertheilt sind. Diese Wachthäuser sind gross genug, um einen Menschen aufzunehmen und demselben gelegentlich als Zufluchtsort zu dienen.

Die Alarmstationen werden mittelst Schlüssel geöffnet, welche die Behörde an alle angesehenen Bürger sowie an die Schutzleute ausgiebt. Um Missbrauch zu verhüten, sind die Schlösser so eingerichtet, dass Niemand ausser den Polizisten den Schlüssel herausziehen kann, wenn er in das Schloss gesteckt worden ist. Jeder Schlüssel

ist mit einer Nummer versehen und dadurch wird die Person bekannt, welche das Alarmhaus geöffnet und das Signal zum Herbeieilen der Polizei gegeben hat. Befindet sich der wachthabende Schutzmann in der Nähe des Alarmhauses, so öffnet er dasselbe und spricht mit Hilfe des darin enthaltenen Fernsprechers mit dem nächsten Polizeiposten. Ist das Alarmhaus durch einen Bürger geöffnet worden, so ruft derselbe die Polizei mit einem Zeiger-Apparate herbei. Dieser Apparat ist mit elf verschiedenen Zeichen für gewisse Vorkommnisse, wie: Diebstahl, Gewaltthat, Aufstand, Brand, Einbruch, Mord u. s. w., versehen.

Um ein Zeichen zu geben, stellt der Rufer den Zeiger auf die entsprechende Nummer und drückt die an der rechten Seite des Apparates befindliche Kurbel nieder. Lässt er dieselbe los, so telegraphirt der Apparat dem Polizeiposten die Nummer des rufenden Postens und das entsprechende Zeichen auf einem gewöhnlichen Morse-Apparat.

Der diensthabende Schutzmann kann sich telephonisch mit dem Polizeiposten seines Bezirkes verbinden. Jede Stunde oder halbe Stunde kommt der Dienstofficier auf eine Alarmstation und berichtet dem Polizeiposten seines Bezirkes durch das Telephon, wodurch der Dienst sehr vereinfacht und erleichtert wird. Der Commandant des Postens kann hiernach seinen Dienst ohne Störung anordnen.

Auch die Privatwohnungen und Geschäftsräume können mit solchen Signal-Apparaten und Fernsprechvorrichtungen versehen werden. Der Polizeiposten besitzt einen unter Siegel befindlichen Schlüssel zur Wohnung eines jeden Abonnenten. Wird in der Nacht ein Signal

gegeben, z. B. bei einem Diebstahle mit Einbruch, so begiebt sich der Schutzmann mit dem betreffenden Schlüssel zu dem rufenden Abonnenten, um den Dieb festzunehmen.

In ähnlicher Weise wie im Polizeidienste hat das Telephon sich auch schon im Vorpostendieste bewährt. Bereits Anfangs 1878 berichtet das „Militärische Wochenblatt" über Versuche, welche von einem deutschen Officier, dem Hauptmann Körner vom 58. Infanterie-Regiment, angestellt wurden, um sich von der Verwendbarkeit des Telephons für den Vorpostendienst zu überzeugen. Bei diesen Versuchen wurde ein 320 Mtr. langes leichtes Kabel benutzt, das auf eine 0·3 Mtr. lange Rolle aufgewunden und in einem Tornister untergebracht worden war, so dass die Rolle sich darin leicht drehen liess und das Kabel nach dem Auslegen mittelst einer ausserhalb des Tornisters auf der Rollenaxe befestigten Kurbel rasch wieder aufgewunden werden konnte. Ein den Kabeltornister tragender Soldat legte das Kabel von der Feldwache aus nach einem detachirten Posten im Geschwindschritt, so dass in drei Minuten der Posten mit der Wache verbunden war. Nach Einschaltung zweier Telephone wurde an beiden Orten mittelst eines Capotes ein kleiner, abgeschlossener Raum hergestellt, so dass der starke Wind das deutliche Hören nicht im Geringsten hinderte. Als Anruf wurde ein mit lauter Stimme gerufenes „ö" benutzt; nach der Beantwortung des Anrufes durch das Wort „hier" begann das Telephoniren. Nach mehrstündigen vorzüglich gelungenen Versuchen wurde das Kabel in Zeit von sechs Minuten ordnungsmässig wieder aufgenommen; diese längere Dauer des Aufnehmens war dadurch bedingt, dass an zwei Wegübergängen das

Kabel mittelst einiger Spatenstiche mehrere Centimeter tief in die Erde gelegt worden war. Seitdem sind die Mängel, welche sich bei den weiteren militärischen Versuchen mit dem Telephon herausstellten, beseitigt worden. Zuvörderst wurden Telephone von grösserer Tonstärke und mit einem einfachen Rufsignale ausgerüstet, hergestellt. Ferner wurden besondere zweckmässige Einrichtungen zur Verbindung der Telephone mit dem Kabel und der einzelnen Kabelstücke unter einander hergestellt, so dass auch eine längere Leitung rasch, bequem und haltbar gelegt werden konnte. Der ganze für diesen Dienst bestimmte und besonders angefertigte Apparat besteht aus einem 11·5 Kg. schweren Tornister, worin sich 500 Mtr. Kabel mit Rückleitung, zwei Telephone und die nöthigen Zubehörstücke befinden, nebst einem Kabelkasten von 8 Kg. Gewicht, mit weiteren 500 Mtr. Kabel mit Rückleitung. Das 3 Mm. dicke Kabel hat einen dreidrähtigen, mit Kautschuk isolirten und mit getheerter Baumwolle übersponnenen inneren Leiter, worüber sich die aus einer grösseren Anzahl dünner Kupferdrähte bestehende Rückleitung befindet.

Für die Taucher ist das Telephon ebenfalls sehr nützlich, indem dieselben bei dessen Anwendung sich sehr leicht mit ihrem in einem Fahrzeuge befindlichen Genossen in Verbindung setzen können, wodurch ihnen das öftere, zum Zweck der Communication erforderliche Auf- und Niedertauchen erspart und somit Zeit gewonnen und die Mühe verringert wird; auch zur Verhütung der Unfälle, denen die Taucher leicht ausgesetzt sind, hat sich das Telephon schon als nützlich erwiesen, indem dadurch ein Ruf nach Hilfe leicher ermöglicht wird, als durch die sonst üblichen Signalvorrichtungen.

Im Maschinenwesen hat man das Telephon zur Bestimmung der Torsion der Maschinenwellen und der durch dieselben vermittelten Kraftübertragung in Anwendung gebracht.

Endlich ist die Benutzung des Telephons in der Heilkunst und in den Naturwissenschaften überhaupt von hoher Bedeutung. Mit demselben ist es möglich, das Vorhandensein fremder Körper in Wunden und besonders von Gewehrgeschossen genau zu ermitteln, wodurch die schmerzhafte und oft nicht ausführbare Untersuchung mit der Sonde vermieden wird. Besondere telephonische Apparate sind zur Untersuchung der Herz- und Pulsthätigkeit construirt worden und es sollen dieselben alle anderen bisher zu diesem Zwecke gebräuchlichen Instrumente an Empfindlichkeit übertreffen.

Der als Audiphon bezeichnete telephonische Apparat soll sich zur Ueberwindung der Taubheit in solchen Fällen, wo der Gehörnerv nicht gelähmt ist, sondern der Fehler nur im Mechanismus des Gehörs liegt, als vortrefflich bewährt haben. Mittelst des Audiphons sollen taube Personen der bezeichneten Kategorie für Musik und Rede auf bequeme Weise und mit wenig Kosten empfänglich gemacht werden. Es besteht dieses Instrument aus einem künstlichen, stark elastischen Trommelfell (Diaphragma), welches beim Anprall der Schallwellen in entsprechende Schwingungen geräth und dieselben, wenn der Apparat zwischen die Zähne genommen wird, den Kopfknochen und dadurch den Gehörnerven mittheilt. Wird die schwingende Platte eines Telephons mit einer kurzen Stange aus einem harten elastischen Material verbunden und diese Stange von der gehörschwachen Person zwischen die Zähne genommen, so sollen die

durch Musik oder Gespräch u. s. w. erregten telephonischen Schwingungen der betreffenden Person deutlich hörbar werden.

Das Telephon ist zur Nachweisung schwacher elektrischer Ströme durch die hörbaren Wirkungen derselben sehr wohl geeignet und lässt sich daher als Elektroskop benutzen. Ganz besonders ist dies der Fall mit Bezug auf solche Ströme, die gelegentlich in Telegraphendrähten durch die in benachbarten Drähten vorhandenen Ströme erregt, oder wie man sagt, inducirt werden. In Folge dieser Empfindlichkeit wird der telephonische Betrieb durch benachbarte telegraphische oder telephonische Leitungen sehr leicht gestört und es sind deshalb besondere, später zu besprechende Vorrichtungen zu treffen, um derartige Störungen beim Gebrauche des Telephons zu verhüten.

Gehen wir zur Geschichte des Telephons über, so ist zu erwähnen, dass die Versuche zur Fortleitung des Schalles mittelst einer geeigneten Uebertragung der Schallwellen schon einer ziemlich weit zurückliegenden Vergangenheit angehören. So weist der englische Elektriker Preece nach, dass sein Landsmann, der Physiker Robert Hooke, bereits 1667 derartige, wenn auch noch ziemlich rohe Versuche anstellte, indem derselbe einen ausgespannten Faden benutzte. Später, 1819 construirte Wheatstone einen telephonischen Apparat, welchen er als „magische Lyra" bezeichnete; derselbe bestand aus einer langen dünnen Stange aus Tannenholz, welche an beiden Enden mit Resonanzkästchen verbunden war und auf diese Art die an dem einen Ende aufgenommenen Töne einiger gespannten Saiten nach dem anderen Ende in Folge molecularer Schwingungen übertrug. Die Er-

findung des eigentlichen Fadentelephons, welches durch die Verbindung zweier elastischen Membrane mittelst eines straff ausgespannten Fadens hergestellt wird und welches neuerdings als ein Kinderspielwerk aufkam, ist vielleicht durch die erwähnten Erfindungen hervorgerufen oder zufällig schon früher gemacht worden. Interessant ist dieser einfache, nur auf sehr geringe Distanz brauchbare Apparat insofern, als derselbe zeigt, dass die zur Hervorbringung von Worten dienenden Schallschwingungen ausserordentlich klein sind und eine bedeutende Energie entwickeln müssen, indem sie durch einen bis hundert Meter langen Faden hindurch sich fortpflanzen können. Die Möglichkeit, nicht nur Töne, sondern auch Klänge und Sprachlaute bis auf grössere Entfernungen hin zu reproduciren, war damit nachgewiesen und wurde durch die von Helmholtz angestellten epochemachenden Untersuchungen erklärt. Derselbe zeigte, dass Klänge und Laute nur dadurch von den reinen Tönen sich unterscheiden, dass die letzteren aus einfachen, die ersteren aus mehrfach über einander gelagerten Wellenzügen des den Schall vermittelnden Mediums bestehen. Da nun der Sprachschall ebenfalls aus Schwingungen besteht, so ist die Möglichkeit der Wiedergabe von Tönen, Klängen, und Sprachlauten an einem von der Erzeugungsquelle derselben mehr oder minder entfernten Orte hauptsächlich davon abhängig, dass man einen Apparat herstellt, welcher die verschiedenartigen Schwingungen möglichst getreu wiederholt. Diese Fähigkeit ist elastischen Platten und Membranen in hohem Grade eigen.

Als Grundlage der Erfindung des elektrischen Telephons diente ausser den oben erwähnten Thatsachen die Entdeckung des sogenannten galvanischen Tönens

oder der galvanischen Musik durch die amerikanischen Physiker Page und Henry im Jahre 1837. Die Genannten beobachteten nämlich, dass ein in einer Drahtrolle befindlicher Eisenstab, d. i. ein sogenannter Elektromagnet, durch rasches Magnetisiren und Entmagnetisiren mittelst eines durch die Drahtwindungen geleiteten und im wiederholten Wechsel unterbrochenen galvanischen Stromes zum Tönen gebracht werden kann.

Auf Grund dieser Thatsachen construirte der am 14. Januar 1874 verstorbene Lehrer Philipp Reis in Friedrichsdorf bei Frankfurt a. M. das erste elektrische Telephon, welches derselbe am 26. October 1861 dem physikalischen Vereine in Frankfurt a. M. vorzeigte. Dieses Telephon übertrug bis auf ziemlich weite Entfernungen musikalische Töne und selbst Worte, wenn auch nur in ziemlich unvollkommener Weise.

Nur kurze Zeit erregte das Reis'sche Telephon in Deutschland einige Aufmerksamkeit, dann wurde dasselbe wieder vergessen, wahrscheinlich nur deshalb, weil die Physiker diese Erfindung geringschätzig beurtheilten und nicht weiter verfolgten. Dagegen wurden in Amerika die Versuche zur Herstellung eines einfachen und dabei wirksamen Telephons unbefangen fortgesetzt.

Im Jahre 1868 construirte ein gewisser van der Wayde ein verbessertes Reis'sches Telephon, welches er im polytechnischen Club zu Philadelphia verführte. Der Apparat soll deutlich, wenn auch nur schwach und mit näselndem Klange, hineingesprochene Worte übertragen haben. Van der Wayde setzte seine Versuche fort und seinen Bestrebungen schloss sich Elisha Gray in Chicago an, während in England im Jahre 1876 Cecil und Lenardo Wray einen dem Reis'schen Telephon

ähnlichen Apparat vor die Oeffentlichkeit brachten und 1877 Cromwell Varley mit einem auf Anwendung des elektrischen Condensators beruhenden Telephon hervortrat.

Alle diese Telephone eigneten sich jedoch in der Hauptsache oder grösstentheils sogar nur ausschliesslich zur Uebertragung musikalischer Töne, nicht aber für articulirten Schall oder Sprache, wohl aber konnte man damit selbst ganze Accorde, also combinirte Töne übertragen. Die Unvollkommenheit dieser Telephone liegt darin, dass dieselben die Schallwellen durch mechanisch erzeugte Unterbrechungen des elektrischen Stromes, also durch harte Stromstösse, nicht aber, der Natur der Schallwellen entsprechend, durch Stromwellen oder Stromundulationen übermitteln. Diese den Physikern damals unmöglich erscheinende Lösung der Aufgabe wurde durch den Schotten Graham Bell in Boston in sinnreicher Weise ausfindig gemacht.

Graham Bell siedelte 1868 als Taubstummenlehrer von Edinburg nach den Vereinigten Staaten über und trat 1876 auf der Weltausstellung zu Philadelphia mit seinem Sprachtelephon hervor, welches die grösste Bewunderung erregte, indem dasselbe die deutliche Wiedergabe der Sprache bis auf meilenweite Distanzen ermöglichte.

Das Bell'sche Telephon unterscheidet sich vom Reis'schen wesentlich dadurch, dass es mit einer magnetischen Membran, die aus einer sehr dünnen Eisenplatte besteht, versehen ist und dass diese Membran sich vor den Polen eines Elektromagnets befindet. Diese Membran wird durch die Schallwellen in Oscillationen versetzt und erregt dadurch nach dem Gesetze der magnetischen Induction in den Drahtwindungen des Elektromagnets

vibrirende elektrische Ströme, durch welche in dem am anderen Ende der Leitung angebrachten ganz gleich construirten Hör-Apparate, in Folge der hervorgerufenen entpsrechenden magnetischen Vibrationen, die Eisenmembran in identische Schwingungen versetzt wird. Auf diese Weise werden in dem Hör-Apparate oder Geber genau dieselben Schallwellen erzeugt, welche auf dem Sprech-Apparate oder Sender durch Hineinsprechen übertragen wurden.

Da nun aber der Eisenkern des im Bell'schen Telephon befindlichen Elektromagneten zur Annahme und Abgabe seines Magnetismus eine gewisse, wenngleich nur sehr kurze Zeit gebraucht und mit der ganzen Anordnung des Apparates auch noch andere Uebelstände verknüpft sind, so ist die Wirkung dieses Telephons eine ziemlich schwache und für die Uebertragung auf weite Entfernungen nicht geeignete. Man war daher darauf angewiesen, wirksamere Telephone zu erfinden.

Eine grössere Anzahl Elektrotechniker haben sich mit dieser Aufgabe befasst und zu dem Zwecke wurde vor Allem der telephonische Apparat in seinen beiden wesentlichen Theilen dem Uebertragungs-Apparate oder Sender und dem Empfangs-Apparate oder Geber genauer studirt, um jeden dieser Theile den Bedingungen seiner eigenthümlichen Wirkungsweise gemäss zu construiren. Man fand hierbei, dass sich das Bell'sche Telephon in seinen Grundprincipien zum Geber, d. i. zum Hör-Apparate, ganz gut eigne, dass aber der Sender, d. i. der Sprech-Apparat, nach anderen Bedingungen zu construiren sei, um eine kräftigere Wirkung zu erreichen. Es wurde dabei ein vom französischen Elektriker Du Moncel bereits 1856 entdecktes Princip zur Geltung gebracht.

Dieses Princip besteht darin, dass beim Uebergange eines elektrischen Stromes durch den Berührungspunkt zweier Körper, deren elektrische Leitungsfähigkeit verschieden ist, mit der Veränderlichkeit des Berührungsdruckes dieser Körper auch der dem Durchgange des elektrischen Stromes sich entgegensetzende Widerstand bedeutend schwankt.

T. A. Edison, der nunmehr weltbekannte amerikanische Elektriker, benutzte zuerst, wahrscheinlich auf Grund einer eigenen Entdeckung, die erwähnte Thatsache zur Herstellung eines kräftigeren telephonischen Gebers, indem er auf der Membran eines Bell'schen Telephons ein Stückchen Platin oder Graphit anbrachte, an welches sich ein anderes, am Ende einer leicht schwingenden Blattfeder befestigtes, Graphitstückchen sanft anlegt. So entstand das sogenannte Edison'sche Kohlentelephon, welches sich durch seine regelmässige Uebertragung der Schallwellen auszeichnet, aber nicht genug empfindlich ist.

Ein bedeutender Fortschritt in der Construction empfindlicher telephonischer Uebertragungs-Apparate wurde durch den in England lebenden Amerikaner David Eduard Hughes 1877 gewonnen. Sein Apparat ist als Mikrophon bekannt, so genannt, weil damit die schwächsten Schallwellen hörbar gemacht werden und somit in Bezug auf Gehörempfindungen eine Analogie zum Mikroskop gegeben ist. Der Hughes'sche Geber besteht in seiner ursprünglichen Anordnung aus einem zwischen zwei Klötzchen auf einem Resonanzboden locker eingespannten Kohlenstäbchen, das in die elektrische Leitung eingeschaltet ist. Wird der Resonanzboden durch anprallende Schallwellen in Schwingungen versetzt, so

nehmen die Contacte an den Enden des Kohlenstäbchens ebenfalls an den Vibrationen theil und werden demzufolge abwechselnd mehr oder weniger stark, so dass der von einer Batterie gelieferte Strom seine Stärke in der Leitung entsprechend den Schwingungsphasen ändert.

Durch fortgesetzte Versuche in der Verbesserung des Telephons kam man schliesslich darauf, dass die Eisenmembran des Bell'schen Telephons keineswegs unumgänglich nothwendig sei, sondern dass man dieselbe durch eine Platte aus Holz, Glas, Kautschuk, Kupfer u. s. w. ersetzen oder auch ganz weglassen könne, obschon die Deutlichkeit in der Wiedergabe der Schallwellen bei Anwendung der Eisenplatte am grössten ist. Nach dieser Erkenntniss ist anzunehmen, dass nicht allein durch die Schwingungen der Eisenplatte elektrische Stromwellen in den Drahtwindungen des Elektromagnets in Folge der wechselnden magnetischen Energie erregt werden, sondern dass die Schallwellen für sich selbst schon hinreichend sind, die so magnetische Energie zu verändern und dadurch die elektrischen Stromwellen zu erzeugen. Aus diesen Darlegungen ergiebt sich, dass man vier Hauptgruppen von Telephonen unterscheiden kann.

Zur ersten Gruppe gehören die sogenannten musikalischen Telephone, welche mehr nur geschichtliche als praktische Bedeutung haben.

Die zweite Gruppe bilden die magnetelektrischen Telephone, deren Typus das Bell'sche Telephon ist.

Die dritte Gruppe wird durch das Edison'sche Kohlentelephon charakterisirt, wobei als Geber ein magnetelektrisches Telephon benutzt wird, aber zur Uebertragung der Intensitäts-Variationen eine galvanische Batterie dient.

Die vierte Gruppe schliesst die mikrophonischen Sender in sich ein.

Es giebt jedoch noch eine ziemliche Anzahl telephonischer Apparate, welche sich nicht in diesen vier Gruppen unterbringen lassen.

Eine neuere Art der Telephonie begründet sich auf die Radiophonie, d. i. die Uebertragung der Schallwellen durch Lichtstrahlen. Diese Art des Telephonirens wurde ebenfalls von Graham Bell entdeckt und berichtete derselbe zum erstenmale darüber bei seiner Anwesenheit in England am 17. Mai 1878 in der Royal Society zu London. Der zur Ausführung dieser Art von Telephonie benutzte Apparat ist das Photophon, dessen Wirkung darauf beruht, dass ein in seiner Intensität veränderlicher Lichtstrahl, dessen Focus durch einen parabolischen Spiegel auf eine Combination von Selenplatten (der sogenannten Selenzelle) gerichtet ist, durch entsprechende Veränderungen im elektrischen Widerstande des Selens ein in den Stromkreis der Selenzelle eingeschaltetes Telephon zum Tönen bringt. Auf diese Weise kann die Veränderlichkeit der Intensität eines Lichtstrahles in Uebereinstimmung mit den durch Singen oder Sprechen erregten Schallwellen gebracht und somit der Schall durch den Lichtstrahl fortgepflanzt werden.

Eine praktische Anwendung der Radiophonie ist durch Mercadier mittelst des Teleradiophons in Vorschlag gebracht worden und es soll damit möglich gemacht werden, mehrere Signale gleichzeitig in einem Leitungsdrahte zu versenden.

Schliesslich ist noch eine in das Gebiet der Radiophotographie gehörige Erfindung, das Telephot zu erwähnen, womit auf telegraphischem Wege Gesichts-

eindrücke zu vermitteln sind, indem durch den in einem Drahte fortgeleiteten Strom ein mittelst eines Spiegels aufgenommenes Bild durch einen anderen beliebig entfernten Spiegel reproducirt und folglich in der Ferne sichtbar gemacht werden kann.

I.

Die Stromerzeugung und die der Telephonie zu Grunde liegenden Gesetze der Elektricitätslehre.

Mit dem Worte „Elektricität" bezeichnen wir die Ursache einer grossen Anzahl eigenthümlicher Erscheinungen, welche je nach Umständen als Anziehung oder als Abstossung, oder auch als Magnetismus, Wärme und Licht zu Tage treten.

Nach den gegenwärtig vorliegenden Erfahrungen kann man annehmen, dass alle Körper zur Elektricitäts-Entwicklung befähigt sind, wenn auch in höherem oder niederem Grade. Hervorrufen lässt sich die Elektricität durch mechanische Wirkungen, wie Reibung, Druck oder Stoss; ferner durch Wärme und Licht und in besonders ergiebiger Weise durch chemische Wirkungen, wie solche zu der Zersetzung und Verbindung der Körper nothwendig sind.

Nicht alle Körper sind zur Entwicklung der elektrischen Wirkung gleich befähigt. Manche pflanzen die in einem Punkte ihrer Substanz entwickelte Elektricität sogleich durch ihre ganze Masse fort, so dass alle ihre Theilchen denselben elektrischen Zustand annehmen;

diese Körper nennt man gute Elektricitätsleiter oder schlechtweg Leiter; zu ihnen gehören die Metalle, insbesondere Kupfer und Eisen.

Die anderen Körper, welche sich gegen die Fortpflanzung der Elektricität mehr oder minder widerspenstig verhalten, bezeichnet man als schlechte Leiter oder Nichtleiter.

Die Nichtleiter, das sind diejenigen Körper, welche die Elektricität nur im geringsten Grade fortpflanzen, werden als Isolatoren benutzt. Unter dieselben gehören Seide, Baumwolle, Glas, Guttapercha, Kautschuk und überhaupt harzartige Stoffe.

Zu der Erregung der in der Telephonie benutzten elektrischen Ströme wendet man galvanische Elemente oder die aus denselben zusammengesetzten galvanischen Batterien an.

Ein galvanisches Element ist als ein Apparat zu betrachten, worin mittelst chemischer Wirkung ein constanter elektrischer Strom erzeugt wird.

Jedes galvanische Element ist in der Hauptsache aus zwei elektrisch verschiedenen Körpern zusammengesetzt, von denen der eine in Folge des Contactes mit dem anderen einer chemischen Wirkung unterliegt. Diese chemische Wirkung wird durch eine Flüssigkeit erregt, in welche die beiden Körper eingetaucht sind. Der eine Körper löst sich bei der chemischen Wirkung auf, während der andere unverändert bleibt.

Auf diese Art erhält man z. B. einen continuirlichen Strom, wenn man in ein Glas oder Thongefäss, das mit durch Schwefelsäure angesäuertem Wasser gefüllt, eine Zinkplatte und eine Kupferplatte einander mit einem Zwischenraume gegenüberstellt und die aus der Flüssigkeit

herausragenden Theile der Platten durch einen Kupferdraht mit einander verbindet. Zink und Kupfer sind als zwei verschiedenartig elektrische Leiter zu betrachten, und zwar ladet sich in dieser Combination das Kupfer mit positiver (+) Elektricität und das Zink mit negativer (—) Elektricität, so dass von der positiven Kupferplatte der elektrische Strom durch den Verbindungsdraht nach der negativen Zinkplatte übergeht. Hierbei wird die Flüssigkeit, d. i. das Wasser, zersetzt und das Zink durch den sich an der Zinkplatte abscheidenden Sauerstoff oxydirt und mit der Schwefelsäure zu Zinkvitriol verbunden, der sich in der Flüssigkeit löst. Am Kupfer scheidet sich dagegen der neutrale Wasserstoff ab, so dass dieses vor der Oxydation bewahrt bleibt. Um die sich bildende Lösung des Zinkvitriols von der Kupferplatte entfernt zu halten, bringt man zwischen die beiden Metalle eine poröse Scheidewand und in die Abtheilung mit der Zinkplatte eine halbgesättigte Zinkvitriollösung, in die Abtheilung mit der Kupferplatte aber eine concentrirte Kupfervitriollösung. Während man mit der zuerst erwähnten Combination einen anfangs starken, dann aber rasch abnehmenden Strom erzielt, ergiebt die zweite Combination, welche als Daniell-Element bekannt ist, einen nahezu constanten Strom, vorausgesetzt, dass man das Element gut in Ordnung hält und dafür Sorge trägt, dass die Flüssigkeiten stets in dem normalen Zustande erhalten bleiben.

Ein anderes für telephonische Zwecke mit Vorliebe benutztes Element ist das von Leclanché; dasselbe besitzt in der That im praktischen Betriebe entschiedene Vorzüge, worauf wir später zurückkommen. Das Leclanché-Element wird aus einem Glasgefässe und einem

porösen Thoncylinder (Thonzelle) zusammengesetzt; in dem Raume zwischen dem Glasgefässe und der Thonzelle befindet sich ein cylindrisch gebogenes Stück Zinkblech, welches in einer Salmiaklösung steht. In der Thonzelle befindet sich ein prismatisches oder cylindrisches Stück sogenannter Gaskohle (Graphit aus Gasretorten oder künstlich hergestellte Kohlenmasse), welches mit einem etwas festgestampften Gemisch aus krobkörnigem Braunstein und Kohlenstückchen umgeben ist und von der ausserhalb befindlichen Salmiaklösung feucht erhalten wird. Im Wirkungszustande des Elementes verbindet sich das Zink mit dem Chlor des Salmiaks zu löslichem Chlorzink, während in der anderen Abtheilung sich Ammoniak und Wasserstoff ausscheiden; der letztere reducirt den Braunstein, der aus Mangansuperoxyd besteht, zu sogenanntem Sesquioxyd und bildet mit dem aufgenommenen Sauerstoff Wasser.

Die Vorzüge des Zinkkohlen-Elementes vor dem Zinkkupfer-Elemente bestehen darin, dass erstens die elektrische Erregung zwischen Zink und Kohle bedeutend stärker als zwischen Zink und Kupfer ist und dass zweitens in Folge der porösen Beschaffenheit der Kohle eine grössere Berührungsfläche vorhanden ist, welche eine rasche Abscheidung des Wasserstoffes bewirkt, wodurch die Beständigkeit der Wirkung wesentlich erhöht wird. Ein solches Element soll lange Zeit, bis zu zwei Jahren, ununterbrochen im Betriebe erhalten werden können und nach Reinigung des Inhaltes der Thonzelle sofort wieder mit der vollen Kraft arbeiten. Bei dem Gebrauche ist darauf zu achten, dass man von Zeit zu Zeit die sich mit Chlorzink sättigende Flüssigkeit entfernt und frische Salmiaklösung zugiesst.

Ferner ist noch als ein constantes und kräftiges Element das Chromsäure- oder Bichromat-Element zu erwähnen. In diesem Elemente befindet sich ausserhalb der porösen Zelle wie bei dem Daniell-Elemente Zink in schwefelsäurehaltigem Wasser (1 Theil Säure auf 10 bis 12 Theile Wasser), während die poröse Zelle, worin sich ein Kohlenprisma befindet, mit doppeltchromsaurem Kali und etwas verdünnter Schwefelsäure gefüllt ist. Die zweckmässigste Mischung besteht ungefähr aus 3 Gewichtstheilen doppeltchromsaurem Kali, 4 Gewichtstheilen concentrirter Schwefelsäure und 18 Gewichtstheilen Wasser.

Die Constanten dieser Elemente sind folgendermassen anzunehmen:

Für das Daniell-Element: Elektromotorische Kraft = 1, Widerstand = 10 Siemens-Einheiten.

Für das Leclanché-Element: Elektromotorische Kraft = 1·45, Widerstand = 4 Siemens-Einheiten.

Für das Chromsäure-Element: Elektromotorische Kraft = 1·45, Widerstand = 3 Siemens-Einheiten. Hiernach scheint sich dieses Element am günstigsten zu stellen, jedoch ist bei ihm der Materialverbrauch viel grösser als beim Leclanché-Element und daher ist das letztere im Betriebe bedeutend billiger.

Die beiden zu einem galvanischen Elemente vereinigten Körper, wie Zink und Kupfer, oder Zink und Kohle, werden gewöhnlich Elektroden genannt; streng genommen sind aber nur die nach aussen gehenden Verlängerungen dieser Körper so zu bezeichnen. Diese Verlängerungen sind mit Klemmschrauben zur Befestigung des Leitungsdrahtes versehen. Zur guten Instandhaltung eines galvanischen Elementes ist auch nöthig,

dass diese Klemmen ganz rein erhalten werden. Mit Bezug auf die letztere Bedeutung werden die Elektroden auch Pole genannt. Wenn die Elektroden oder Pole eines galvanischen Elementes nicht miteinander verbunden sind, das Element sich aber im Betriebszustande befindet, so laden sich die Pole mit entgegengesetzten Elektricitäten, welche nach Vereinigung streben. Dieses Vereinigungsstreben der antipolaren Elektricitäten nennt man die Spannung oder Potential-Differenz des Elementes.

Sobald man die Pole eines betriebsfähigen galvanischen Elementes miteinander in Berührung bringt oder durch einen Leitungsdraht verbindet, d. i. den Stromkreis schliesst, so entsteht in diesem Stromkreise ein elektrischer Strom, welcher durch die chemische Thätigkeit im Elemente unterhalten wird und von welchem man annimmt, dass er vom positiven Pole nach dem negativen geht. Dieser Strom entsteht in Folge der elektromotorischen Kraft des Elementes, welche eine Function von dessen Potential-Differenz ist. Diesem Strome setzt sich einestheils in dem Elemente und andererntheils in dem Leitungsdrahte ein Widerstand entgegen. Während die Stromstärke der elektromotorischen Kraft direct proportional ist, stellt sich diese Stromstärke zum Widerstande in umgekehrte Proportion.

Bezeichnet man die elektromotorische Kraft mit E, die Stromstärke mit J, den Widerstand innerhalb des Elementes (den inneren oder wesentlichen Widerstand) mit w und den Widerstand im Leitungsdrahte (den äusseren oder ausserwesentlichen Widerstand) mit W, so besteht die Gleichung:

$$J = \frac{E}{W + \mathrm{w}} = \frac{E}{R},$$

wenn man den Gesammtwiderstand im Schliessungskreise mit R bezeichnet.

In dieser Gleichung ist das Ohm'sche Gesetz ausgedrückt, welches eines der Grundgesetze der Elektricitätslehre ist.

Im Allgemeinen wächst die elektromotorische Kraft eines Elementes, je stärkere chemische Wirkung in demselben stattfindet, jedoch nimmt die Beständigkeit der Wirkung in der Regel dabei ab. Was den inneren Widerstand anbelangt, so wird derselbe um so geringer, je grösser die Oberfläche des zum Elemente vereinigten elektrischen Paares ist, weil alsdann auch der Querschnitt der den inneren Widerstand bedingenden Flüssigkeit, des sogenannten Elektrolytes, grösser wird und folglich der elektrische Strom einen leichteren Durchgang durch dieselbe findet.

Werden die Pole eines Elementes durch einen sehr kurzen, gehörig dicken Draht vereinigt, so ist der Widerstand im äusseren Stromkreise im Vergleich zum inneren Widerstande verschwindend klein und daher gleich Null zu setzen.

Es gilt daher für das kurzgeschlossene Element oder für das Element mit kurzem Schluss die Gleichung:

$$J = \frac{E}{w} \quad \cdots\cdots \quad (1)$$

Um die Stromstärke grösser zu erhalten, als dies mit einem einzelnen Elemente, ohne eine unbequeme Vergrösserung desselben, möglich ist, verbindet man eine geeignete Anzahl von Elementen zu einer Batterie. Diese Verbindung oder Schaltung kann in der Hauptsache auf zweierlei Weise erfolgen, und zwar zuerst mit Bezug auf nur zwei Elemente so, dass man entweder

deren gleichartigen Pole paart und die gepaarten Pole durch einen Leitungsdraht ganz ebenso verbindet, wie dies mit den Polen des Einzelelementes geschieht, oder dass man beide Elemente mit den ungleichnamigen Polen verbindet und alsdann die beiden anderen ungleichnamigen Pole im Schliesskreise vereinigt.

Die erstere Verbindungsweise wird als Nebeneinanderschaltung, Parallelschaltung oder Quantitätsschaltung bezeichnet und man erhält mit derselben genau dieselbe Wirkung, als wenn man ein Element von doppelter Grösse (mit Bezug auf die wirksamen Flächen) zur Verfügung hätte. Es bleibt nämlich in diesem Falle die elektromotorische Kraft und der innere Widerstand unverändert.

Die zweite Verbindungsweise wird als Hintereinanderschaltung oder Intensitätsschaltung oder auch Spannungsschaltung bezeichnet, weil mit Bezug auf zwei Elemente die elektromotorische Kraft und der innere Widerstand verdoppelt werden. Die Stromstärke würde in diesem Falle nach Gleichung (1) für kurzen Schluss genau dieselbe sein, wie bei dem Einzelelemente. Kommt aber der äussere Widerstand in Betracht, so hat man für diesen Fall:

$$J = \frac{2\,E}{W + 2\,\mathrm{w}} = \frac{E}{\frac{1}{2}\,W + \mathrm{w}}$$

Selbstverständlich kann man durch die erwähnten beiden Schaltungsweisen Batterien aus beliebig vielen, im Allgemeinen aus *n* Elementen herstellen. Um in gewissen Fällen die Maximal-Stromstärke mit einer vorhandenen Anzahl von Elementen zu erreichen, hat man dieselben zum Theil durch Hintereinanderschaltung und zum Theil durch Parallelschaltung zu einer Batterie zu vereinigen.

Zu dem Zwecke bildet man zuerst durch Parallelschaltung eine den Umständen angemessene Anzahl von Reihen oder Gruppen aus je gleichviel Elementen und vereinigt alsdann wiederum diese Reihen oder Gruppen durch Nebeneinanderschaltung. Hat man also beispielsweise n Elemente, von denen jedes den inneren Widerstand w besitzt und bezeichnet man mit x die Anzahl der durch Parallelschaltung zu einer Reihe verbundenen Elemente, mit y die Anzahl der durch Nebeneinanderschaltung verbundenen Reihen, so erhält man bei dem bekannten äusseren Widerstand W die Maximalwirkung der Batterie, wenn man die Reihenzahl x durch die Gleichung bestimmt:

$$x = \sqrt{\frac{n\ W}{\mathrm{w}}} \quad \cdots \quad (2)$$

Für lange Leitungen, welche einen grossen äusseren Widerstand ergeben, wird man stets die grösste Stromstärke durch Hintereinanderschaltung erhalten, und zwar so lange als der äussere Widerstand w durch den inneren Widerstand der sämmtlichen Elemente, d. i. durch n w, nicht erreicht wird. Für kurze Leitungen, auch wenn eine grössere Anzahl derselben von einer Batterie bedient wird, ist zur Berechnung der mit n Elementen zu erhaltenden Stromstärke die Gleichung (2) zu benutzen.

Durch den galvanischen Strom können viele verschiedene Wirkungen erzeugt werden, von denen für den vorliegenden Zweck als wichtig zu betrachten sind: Die Volta-Induction oder Induction kurzweg und die Herstellung von Elektromagneten. Andererseits kann man aber auch durch Magnetismus elektrische Ströme erzeugen und nennt diese Erscheinung die Magnet-Induction.

Die Volta-Induction kommt zum Vorschein, wenn ein geschlossener Leiter dem geschlossenen Stromkreise eines Elektricitäts-Erzeugers, z. B. dem Stromkreise eines galvanischen Elementes oder einer galvanischen Batterie, rasch genähert oder davon entfernt wird, oder wenn man in der Nähe des geschlossenen Leiters den Stromkreis eines galvanischen Elementes oder einer Batterie öffnet oder schliesst. Der beim Schliessen des Stromkreises hevorgerufene Inductions- oder Secundärstrom ist dem Batteriestrome oder Primärstrome stets entgegengesetzt, während der beim Oeffnen entstehende Inductions- oder Secundärstrom mit dem Erzeugungs- oder Primärstrome gleiche Richtung hat.

Experimentell kann man diese Erscheinungen leicht hervorrufen, wenn man in eine aus übersponnenem Kupferdrahte gebildete Rolle eine zweite ebensolche Rolle hineinsteckt und die äussere, als Primärrolle dienende Rolle mit einer Batterie verbindet, während man in den Stromkreis der inneren oder Secundärrolle ein Galvanometer einschaltet. Sobald man nun durch Schliessung des Batterie-Stromkreises einen Haupt- oder Primärstrom durch die äussere Rolle sendet, wird in der inneren Rolle ein secundärer oder Inductionsstrom entstehen, ebenso wenn man den Stromkreis der Batterie wieder öffnet und somit den Haupt- oder Primärstrom unterbricht. Die entgegengesetzte Richtung dieser beiden Inductionsströme, die man als Schliessungsstrom und Oeffnungsstrom voneinander unterscheidet, wird durch die entgegengesetzten Ausschläge der Galvanometernadel angedeutet. In der Stärke sind diese beiden Inductionsströme sich gleich.

Entfernt man hierauf die äussere Rolle sammt der Batterie und nähert der zurückgebliebenen, mit dem

Galvanometer verbundenen Rolle einen Magnetpol, so wird die Galvanometernadel wiederum das Auftreten eines elektrischen Stromes in der Rolle anzeigen; dasselbe findet statt, wenn man den Magnetpol wiederum von der Drahtrolle entfernt, aber die Ausschläge der Nadel sind entgegengesetzt, wodurch angezeigt wird, dass die beiden Stromrichtungen ebenfalls entgegengesetzt sind. Die so hervorgerufenen Ströme werden durch Magnet-Induction hervorgerufen und als elektromagnetische Ströme bezeichnet. Wird die zu diesem Versuche verwendete Drahtrolle mit einem Kerne aus weichem Eisen versehen, so werden die elektromagnetischen Ströme bedeutend verstärkt und der weiche Eisenkern wird dabei zum Elektromagnet.

Elektromagnete stellt man überhaupt dadurch her, dass man um einen Kern aus weichem Eisen einen isolirten Draht windet und einen elektrischen Strom durch denselben sendet.

Versieht man eine Drahtrolle mit einem an sich magnetischen Kern, so hat man einen polarisirten Elektromagnet. Nähert man dieser Drahtrolle einen weichen Eisenstab, so entsteht in derselben ebenfalls ein Inductionsstrom; dasselbe ist der Fall, wenn man den Eisenstab wieder entfernt. Dieselben Erscheinungen treten ein, wenn man dicht vor dem Pole eines polarisirten Elektromagnets ein Stück weiches Eisen, Anker genannt, hin und her schwingen lässt. Wie wir später sehen werden, sind diese Erscheinungen für die Construction gewisser Telephone sehr wesentlich.

II.

Die Musiktelephone.

Gleich der elektrischen Telegraphie ist die Telephonie eine deutsche Erfindung, jedoch mehr im wissenschaftlichen als im praktischen Sinne, denn die aus den Händen der deutschen Erfinder hervorgegangenen bezüglichen Vorrichtungen waren eigentlich nur physikalische Apparate und nicht für den praktischen Gebrauch geeignet; erst durch die Bethätigung des amerikanischen Erfindungs- und Unternehmungsgeistes erhielten diese Apparate ihre Ausbildung zur praktischen Brauchbarkeit. So war es mit dem elektrischen Telegraphen und so mit dem Telephon.

Auch die Grundlagen der Telephonie sind zufällig amerikanischen Ursprungs. Es war im Jahre 1837, als die amerikanischen Physiker Page und Henry wahrnahmen, dass durch die schnelle Herstellung und Vernichtung des Magnetismus in einem Eisenstabe mittelst des galvanischen Stromes der Eisenstab in Folge der in ihm erregten molecularen Schwingungen zum Tönen gebracht werden kann.

Diese merkwürdige Thatsache erregte unter den Physikern allgemeine Aufmerksamkeit und viele beschäftigten sich mit der näheren Untersuchung dieser Erscheinung. Hierbei erkannte der Engländer Marrian 1840, dass der auf diese Weise in einem Eisenstabe erzeugte Ton in Folge von Längsschwingungen entsteht, bei denen der Stab sich in rascher Folge verlängert und wiederum auf seine ursprüngliche Länge zurück geht. De la Rive in Genf fand 1843, dass der durch diese Longi-

tudinal-Schwingungen des Eisenstabes erzeugte Ton auch dann entsteht, wenn man den galvanischen Strom nicht — wie dies vorher geschah — durch einen um den Stab gewundenen isolirten Draht, sondern durch den Stab selbst leitet. Endlich wurde vom Professor Wertheim in Prag 1848 nicht nur die Wahrnehmung Marrian's bestätigt, sondern auch gefunden, dass der auf diese Weise erzeugte Ton von der Geschwindigkeit der Stromunterbrechungen unabhängig ist.

Gestüzt auf diese Thatsachen, construirte der deutsche Physiker Philipp Reis einen Apparat, mit welchem er zuerst einen Unterrichtszweck erfüllen, nämlich die Functionen der Gehörwerkzeuge seinen Schülern klar und deutlich machen wollte. Erst in der Folge gelang es ihm, mit diesem Apparate auch Töne aller Art durch den galvanischen Strom bis auf eine gewisse Entfernung zu reproduciren. Diesen Apparat nannte Reis ein „Telephon" und in dieser Beziehung ist ihm mit Recht die Erfindung des Telephons zuzuschreiben.

Nach den von Reis hinterlassenen Aufzeichnungen — er starb am 14. Januar 1874 — datirt seine Idee zur Erfindung und der erste von ihm ausgeführte Versuch bereits vom Jahre 1852, zu welcher Zeit er in Frankfurt a. M. sich eifrig mit physikalischen Studien beschäftigte.

Zum Verständniss der Reis'schen Erfindung dient in ausgezeichneter Weise der Vortrag, welche derselbe im December 1861 im physikalischen Vereine zu Frankfurt a. M. hielt, weshalb wir denselben dem Jahresberichte jenes Vereines von 1860 bis 1861 nach der Niederschrift von Reis entnehmen und hier folgen lassen:

„Die überraschenden Ergebnisse im Gebiete der Telegraphie haben wohl schon oft die Frage angeregt,

ob es nicht auch möglich sei, die Tonsprache selbst direct in die Ferne mitzutheilen. Die dahin zielenden Versuche konnten jedoch bis jetzt ein einigermassen befriedigendes Resultat nicht liefern, weil die Schwingungen der schallleitenden Medien bald zu sehr an Intensität abnehmen, dass sie für unsere Sinne nicht mehr wahrnehmbar sind.

An eine Reproduction der Töne in gewissen Entfernungen durch Hilfe des galvanischen Stromes hat man vielleicht gedacht; aber an der praktischen Lösung dieses Problems haben jedenfalls gerade diejenigen am meisten gezweifelt, welche durch ihre Kenntnisse und Hilfsmittel befähigt gewesen wären, die Aufgabe anzugreifen. — Dem mit den Lehren der Physik nur oberflächlich Bekannten scheint die Aufgabe, wenn er dieselbe überhaupt kennt, weit weniger Schwierigkeiten zu bieten, weil er eben die meisten nicht voraussieht. So hatte auch ich vor etwa neun Jahren (mit viel Begeisterung für das Neue und nur unzureichenden Kenntnissen in der Physik) die Kühnheit, die erwähnte Aufgabe lösen zu wollen, musste aber bald davon abstehen, weil gleich der erste Versuch mich von der Unmöglichkeit der Lösung fest überzeugte.

Später, nach weiteren Studien und manchen Erfahrungen, sah ich wohl ein, dass mein erster Versuch ein sehr roher, keineswegs überzeugender gewesen; ich griff aber die Frage in der Folge nicht wieder ernstlich auf, weil ich mich den Hindernissen des zu betretenden Weges nicht gewachsen fühlte.

Jugendeindrücke sind aber stark und daher nicht leicht zu verwischen. Ich konnte den Gedanken an jenen Erstlingsversuch und seine Veranlassung trotz aller Ein-

sprache des Verstandes nicht los werden, und so wurde denn, halb ohne es zu wollen, in mancher Mussestunde des Jugendproject wieder durchgenommen, die Schwierigkeiten und die Hilfsmitteln zu deren Ueberwindung abgewogen und — zum Experiment vorläufig noch nicht geschritten.

Wie sollte ein einziges Instrument die Gesammtwirkungen aller bei der menschlichen Sprache bethätigten Organe zugleich reproduciren? Dieses war immer die Cardinalfrage. Endlich kam ich auf den Einfall, die Frage anders zu stellen:

Wie nimmt unser Ohr die Gesammtschwingungen aller zugleich thätigen Sprachorgane wahr? Oder allgemeiner genommen:

Wie nehmen wir die Schwingungen mehrerer zugleich tönender Körper wahr?

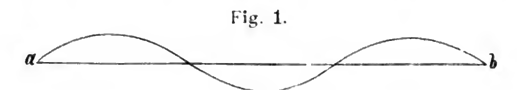
Um diese Frage zu beantworten, wollen wir zunächst sehen, was geschehen muss, damit wir einen einzelnen Ton wahrnehmen.

Ohne unser Ohr ist jeder Ton nichts, als eine in der Secunde mehreremal (mindestens 7—8) wiederholte Verdichtung und Verdünnung eines Körpers. Findet dieses in demselben Medium statt, in welchem wir uns befinden, so wird die Membran unseres Ohres bei jeder Verdichtung nach der Paukenhöhle gedrängt, um bei der nachfolgenden Verdünnung sich nach der entgegengesetzten Seite zu bewegen. Diese Schwingungen bedingen ein mit derselben Geschwindigkeit erfolgendes Aufheben und Niederfallen des Hammers auf den Amboss (nach Anderen: Annäherung und Entfernung der Gehörknöchelatome) und eine eben so grosse Anzahl von Erschütterungen der Schneckenflüssigkeit, in welcher der Gehör-

nerv mit seinen Enden sich ausbreitet. Je grösser die Verdichtung des schallleitenden Mediums in einem gegebenen Moment, desto grösser die Schwingungs-Amplitude der Membran und des Hammers, desto kräftiger folglich der Schlag auf den Amboss und die Erschütterung der Nerven durch Vermittlung der Flüssigkeit.

Die Bestimmung der Gehörwerkzeuge ist es demnach, jede in dem sie umgebenden Medium entstehende Verdichtung und Verdünnung bis zu dem Gehörnerv mit Sicherheit zu übermitteln; die Bestimmung des Gehörnervs aber, die in gegebener Zeit erfolgten Schwingungen der Materie, sowohl der Zahl als der Grösse nach, zu unserem Bewusstsein zu bringen. Hier erst

Fig. 1.



wird gewissen Combinationen ein bestimmter Name; hier erst werden die Schwingungen Töne oder Misstöne.

Das vom Gehörnerv Empfundene ist demnach einfach die zu unserem Bewusstsein gelangende Wirkung einer Kraft, und diese lässt sich nach Dauer und Grösse durch eine Curve graphisch darstellen.

Die Linie *a b* (Fig. 1) bezeichne uns eine beliebige Zeitdauer und die Curve über der Linie Verdichtung (+), die Curve unter der Linie Verdünnung (—), so giebt uns jede am Ende einer Abscisse errichtete Ordinate die Verdichtungsstärke in dem durch ihren Fusspunkt bezeichneten Moment, in Folge deren das Trommelfell schwingt.

Etwas mehr als das durch ähnliche Curven Darstellbare kann unser Ohr schlechterdings nicht wahrnehmen

und genügt dieses auch vollkommen, um uns jeden Ton und jede Tonverbindung zum klaren Bewusstsein zu bringen. Wenn mehrere Töne zu gleicher Zeit erzeugt werden, so steht das schallleitende Medium unter dem Einflusse mehrerer gleichzeitiger Kräfte und es gelten folgende zwei Gesetze:

Wirken die Kräfte alle in demselben Sinne, so ist die Bewegungsgrösse proportional der Summe der Kräfte. Wirken die Kräfte nach entgegengesetzten Richtungen, so ist die Bewegungsgrösse proportional der Differenz der entgegenwirkenden Kräfte.

Stellen wir uns etwa für drei Töne die Verdichtungscurve jedes einzelnen dar, so können wir durch Summirung der Ordinaten gleicher Abscissen neue Ordinaten bestimmen und eine neue Curve entwickeln, welche wir Combinationscurve nennen wollen. Diese giebt uns nun ganz genau an, was unser Ohr von den drei gleichzeitigen Tönen empfindet. Dass ein Musiker die drei Töne wieder herauskennt, dürfte uns dabei eben so wenig wundern, als die Thatsache, dass ein mit der Farbenlehre Vertrauter aus Grün das Blau und das Gelb wiederfindet; die Combinationscurven zeigen aber diese Schwierigkeit sehr gering, da in denselben alle Verhältnisse der Componenten successive wiederkehren. Bei Accorden von mehr als drei Tönen sind die Verhältnisse allerdings in einer Zeichnung nicht mehr so leicht zu erkennen. Es fällt aber auch dem geübten Musiker schon schwer, in solchen Accorden die Einzeltöne wieder zu bestimmen.

Aus dem Vorhergehenden folgt:

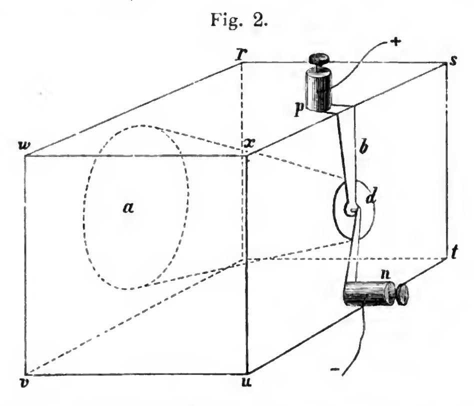
1. Jeder Ton und jede Tonverbindung erzeugt in unserem Gehör, wenn sie dasselbe trifft, Schwingungen

des Trommelfelles, deren Gang durch eine Curve dargestellt werden kann.

2. Der Gang dieser Schwingungen allein bringt in uns den Begriff (die Empfindung) des Tones hervor und jede Gangänderung muss den Begriff (die Empfindung) ändern.

Sobald es möglich sein wird, irgendwo und auf irgend eine Weise Schwingungen zu erzeugen, deren Curven denjenigen eines bestimmten Tones und

Fig. 2.



einer Tonverbindung gleich sind, so werden wir denselben Eindruck haben, den der Ton oder die Tonverbindung auf uns gemacht hätte.

Fussend auf den obigen Principien, ist es mir nun gelungen, einen Apparat zu construiren, mit welchem ich im Stande bin, Töne verschiedener Instrumente, ja bis zu einem gewissen Grade die menschliche Stimme zu reproduciren. Derselbe ist sehr einfach und wird mit Hilfe der Fig. 2 klar erläutert werden.

An dem Holzwürfel *r s t u v w x* ist die conische Höhlung *a* durch die Membran *b* (aus Schweinsdünndarm) einerseits verschlossen, auf deren Mitte ein stromleitendes Streifchen Platin festgekittet ist. Dieses steht mit der Klemme *p* in Verbindung. Von der Klemme *n* führt ebenfalls ein dünnes Metallstreifchen über die Mitte der Membran und endigt hier in ein rechtwinkelig zu seiner Längenaxe und Breitseite stehendes Platindrähtchen.

Von Klemme *p* führt ein Leiter durch die Batterie nach einer entfernten Station, endigt dort in einer Spirale von mit Seide umsponnenem Kupferdraht, die ihrerseits in den zur Klemme *a* führenden Rückleiter mündet.

Die Spirale der entfernten Station ist circa 6 Zoll (150 Mm.) lang, trägt sechs Lagen dünnen Drahtes und nimmt in ihre Mitte einen Strickdraht als Kern auf, der auf beiden Seiten circa 2 Zoll (50 Mm.) vorsteht. Mit den vorstehenden Enden des Drahtes ruht die Spirale auf zwei Stegen eines Resonanzbodens. Dieser ganze Theil kann natürlich durch jeden Apparat ersetzt werden, mittelst dessen man das bekannte „Tönen durch Galvanismus" hervorbringt.

Werden nun Töne oder Tonverbindungen in der Nähe des Würfels so hervorgebracht, dass noch hinreichend starke Wellen in die Oeffnung *a* treten, so bringen dieselben die Membran *b* in Schwingungen. Bei der ersten Verdichtung wird das hammerförmige Drähtchen *d* zurückgedrängt; bei der Verdünnung kann dasselbe der zurückschwingenden Membran nicht folgen und der durch die Streifchen gehende Strom bleibt so lange unterbrochen, bis die Membran, durch eine neue Verdichtung getrieben, das Streifchen (von *p*) wieder an

d drängt. In dieser Weise bringt jede Schallwelle ein Oeffnen und ein Schliessen des Stromes hervor.

Bei jedem Schliessen der Kette werden aber in dem Eisendrahte der entfernten Spirale die Atome voneinander entfernt (d. i. der Draht verlängert). Beim Unterbrechen des Stromes suchen dieselben ihre Gleichgewichtslage wieder zu erreichen. Ist dies geschehen, so machen sie in Folge der Wechselwirkung von Elasticität und Trägheit eine Anzahl von Schwingungen und geben den Longitudinalton des Stabes.[1]) So verhält es sich, wenn die Unterbrechungen und Schliessungen des Stromes verhältnissmässig langsam vorgenommen werden. Erfolgen dieselben aber schneller aufeinander, als die durch die Elasticität bedingten Oscillationen des Eisenkernes, so können die Atome ihre Bahnen nicht vollständig durchlaufen. Die zurückgelegten Wege werden um so kürzer, je rascher die Unterbrechungen folgen, dafür aber eben so häufig als diese. Der Eisenstab giebt daher nicht mehr seinen Longitudinalton, sondern einen Ton, dessen Höhe oder Tiefe der Unterbrechungsanzahl (in gegebener Zeit) entspricht. — Das will aber nichts Anderes sagen, als: Der Stab reproducirt den Ton, der dem Unterbrechungs-Apparat zugeführt wurde. Die Stärke dieses Tones steht im Verhältniss zum Originalton, denn, je stärker dieser, desto grösser die Bewegungen des Trommelfelles, desto grösser die Bewegungen des Hämmerchens, desto grösser endlich die Zeitdauer, während welcher die Kette geöffnet bleibt und folglich desto grösser, bis zu einer gewissen Grenze, die Bewegung der Atome in dem Reproductionsdrahte, welche wir als grössere

---

[1]) Dieser Ton entsteht durch abwechselnde Verlängerungen und Verkürzungen eines Metallstabes.

Schwingungen empfinden, ganz so, wie wir die Originalwelle empfunden haben würden.

Da die Länge des Leitungsdrahtes hierbei jedenfalls eben so weit ausgedehnt werden darf, wie bei directer Telegraphie, so gebe ich meinem Instrumente den Namen „Telephon".

Was nun die Leistungen des Telephons anbelangt, so sei bemerkt, dass ich damit im Stande war, den Mitgliedern einer zahlreichen Versammlung (des physikalischen Vereines zu Frankfurt a. M.) Melodien hörbar zu machen, welche in einem anderen Hause (circa 100 M. entfernt) bei geschlossenen Thüren nicht sehr laut in den Apparat hineingesungen wurden.

Andere Versuche ergaben, dass der tönende Stab im Stande ist, vollständige Dreiklänge eines Claviers, auf dem das Telephon steht, zu reproduciren, und dass endlich derselbe sogar die Töne anderer Instrumente: Harmonika, Clarinette, Horn, Orgelpfeife u. s. w. wiedergiebt, vorausgesetzt, dass die Töne einer gewissen Lage von *F* bis *F* circa angehören.

Dass bei allen Versuchen hinreichend controlirt wurde, ob directe Schallleitung nicht mit im Spiel, versteht sich von selbst. Es geschieht diese Controle sehr einfach durch zeitweise Herstellung einer guten Nebenschliessung unmittelbar vor der Spirale, wodurch natürlich die Wirksamkeit derselben momentan aufhört.

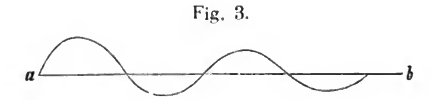
Es war bis jetzt nicht möglich, die Tonsprache des Menschen mit einer für Jeden hinreichenden Deutlichkeit wiederzugeben. Die Consonanten werden grösstentheils ziemlich deutlich reproducirt, aber die Vocale noch nicht in gleichem Grade. Woran dieses liegt, will ich versuchen zu erklären.

Nach Versuchen von Willis, Helmholz und Anderen können Vocaltöne künstlich hervorgebracht werden, indem man die Schwingungen eines Körpers zeitweise durch die eines anderen verstärken lässt, etwa nach folgendem Schema:

Eine elastische Feder wird durch den Stoss eines Radzahnes in Schwingungen versetzt; die erste Schwingung ist die grösste, jede andere immer kleiner als die vorhergehende, wie Fig. 3 darstellt.

Kommt nach einigen Schwingungen dieser Art (ohne dass die Feder vorher zur Ruhe kommt) ein neuer

Fig. 3.



Zahnstoss, so wird die nächstfolgende Schwingung wieder eine grössere sein und so fort.

Die Höhe oder Tiefe des auf diese Weise erzeugten Tones hängt von der Anzahl der in einer gegebenen Zeit gemachten Schwingungen ab; der Charakter des Tones aber von der Anzahl der Anschwellungen (Zahnstösse) in derselben Zeit. Zwei Vocale würden sich bei gleicher Tonhöhe etwa auf die durch die Curven Fig. 4 und 5 angedeutete Weise unterscheiden, während derselbe Ton ohne Vocalcharakter durch die Curve Fig. 6 dargestellt würde.

Unsere Sprachorgane erzeugen die Vocale wahrscheinlich in derselben Weise durch combinirte Wirkung der oberen und der unteren Stimmbänder, oder dieser letzteren und der Mundhöhle.

Mein Apparat giebt nun wohl die Anzahl der Schwingungen, aber mit weit geringerer Stärke als die der ursprünglichen; wenn auch, wie ich Ursache habe anzunehmen, immer noch bis zu einem gewissen Grade proportional unter sich. Jedenfalls ist aber bei den durchweg kleineren Schwingungen die Differenz zwischen grossen und kleineren viel schwerer zu erkennen, als bei den Originalwellen, und der Vocal daher mehr oder weniger unbestimmt.

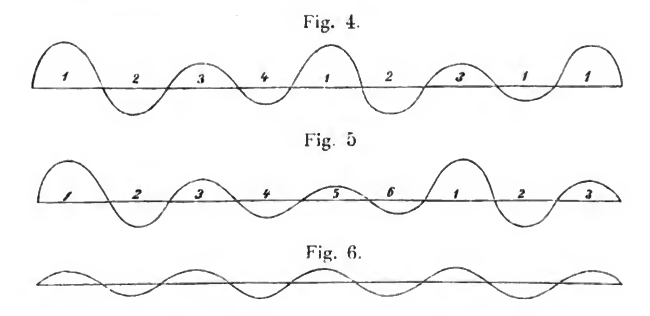


Fig. 4.
Fig. 5
Fig. 6.

Ob meine Ansichten in Betreff der den Tonverbindungen entsprechenden Curven richtig sind, dürfte vielleicht mit Hilfe des von Duhamel angegebenen Phonautographen zu entscheiden sein.

Zur praktischen Verwerthung des Telephons dürfte vielleicht noch sehr viel zu thun übrig bleiben. Für die Physik hat es aber wohl schon dadurch hinreichend Interesse, dass es ein neues Arbeitsfeld eröffnet."

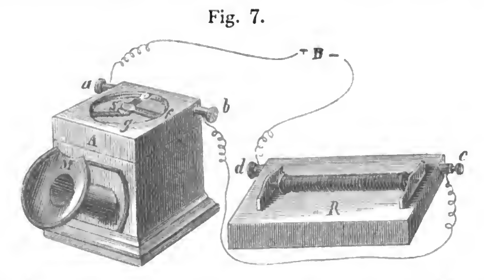
Dieser im December 1861 niedergeschriebene Aufsatz bietet ein grosses Interesse und darf in der Geschichte des Telephons nicht übergangen werden, weil

die Grundidee zu diesem merkwürdigen Instrumente darin mit klaren Worten vollständig dargelegt wird. Man ersieht daraus, dass Reis galvanische Ströme zur Uebermittlung der Töne verwendete und diese Ströme durch die Stimme erzeugen liess.

Der in der Sitzung des physikalischen Vereines zu Frankfurt a. M. am 26. October 1861 von Reis vorgeführte Apparat war von etwas anderer Construction, als der in Fig. 2 dargestellte. Diesen Apparat zeigt Fig. 7.

Der in der Abbildung links befindliche Uebertrager besteht aus einem würfelförmigen Holzkästchen *A*, in

Fig. 7.



dessen kreisrund durchbrochenen Deckel die Membran aus Schweinsblase *S* ausgespannt ist, während an der Seite ein Schallrohr mit dem Mundstück *M* einmündet. Auf der Membran liegt ein dünner Platinstreifen *g*, der in der Mitte der Membran mit einem kreisrunden Scheibchen endet und an seinem am Kästchen befestigten anderen Ende mit der Klemmschraube *a* in Verbindung steht, in welcher der positive Leitungsdraht des von der galvanischen Batterie *B* erzeugten galvanischen Stromes befestigt ist. Ueber dem Platinplättchen *g* befindet sich ein kleiner Platinstift, der im Scheitel eines Blechwinkels

sitzt, welcher bei *c* einfach am Kästchen befestigt ist, bei *f* aber mit der Klemme *b* in Verbindung steht. Von dieser Klemme *b* geht der Leitungsdraht nach dem Empfangs- oder Hör-Apparate *R*, in dessen Klemme *c* er befestigt ist, während der negative Leitungsdraht der Batterie *B* nach der zweiten Klemme *d* des Hör-Apparates geht. Dieser Apparat besteht aus einem etwa 20 Cm. langen dünnen Eisenstäbchen, das mit einer Papprö hre umgeben, auf welche dünner, mit Seide übersponnener Kupferdraht vielfach aufgewunden ist. Die Enden dieses Drahtes stehen mit den Klemmen *c* und *d* in Verbindung und der so gebildete stabförmige Elektromagnet ruht auf einem flachen Kästchen, welches den Resonanzboden bildet.

Wird durch das Mundstück *M* in den Empfänger hineingesungen, so geräth die Membran *S* in entsprechende Vibrationen und schlägt unter dem Impulse jeder Schallwelle mit ihrem Platinscheibchen gegen den Platinstift, wodurch jedesmal ein momentaner, stossartig wirkender elektrischer Strom den Leitungsdraht durchläuft. Unter der Einwirkung dieses Stromes erhält der Eisenstab des Hör-Apparates einen magnetischen Impuls, so dass derselbe durch seine auf diese Weise erregten Longitudinal-Schwingungen den in den Empfänger hineingesungenen Ton wiedergiebt.

Inwieferne sich das heutige, in seinem Haupttypus von Amerika herübergekommene Telephon von dem Reis'schen Instrumente unterscheidet, werden wir nachher darlegen.

Die Töne des Reis'schen Empfangs-Apparates (Empfängers) waren von sehr dürftiger Klangfarbe; in der That bestehen dieselben aus Stössen, welche den Be-

rührungen des Platinstiftchens und des Platinstreifchens auf der Membran des Sing-Apparates, also den einzelnen Wellenbergen der Schwingungen dieser Membran entsprechen, weshalb man auch das Reis'sche Telephon einen „Tactzähler der Wellenberge" genannt hat.

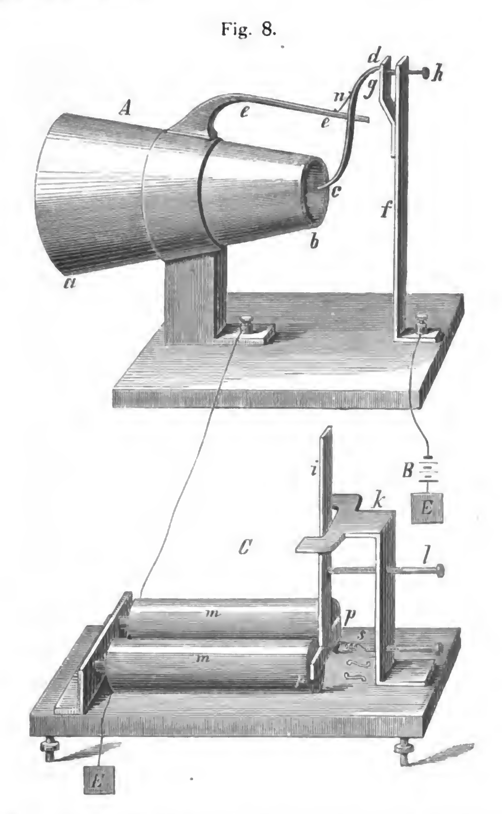
Weitere Versuche mit dem Reis'schen Telephon wurden 1876 im South-Kensington-Museum zu London angestellt, jedoch ist nichts Näheres darüber bekannt geworden. Der deutsche Erfinder und sein Instrument wurden in Deutschland nach kurzer Aufmerksamkeit wieder vergessen, immerhin ist dasselbe aber wichtig genug, um es in seiner verbesserten Construction etwas näher zu besprechen.

Fig. 8 zeigt diesen verbesserten Apparat.

Als Uebertragungs-Apparat *A* benutzte Reis bei seinem später construirten Apparate ein conisches Blechrohr *a b*, dessen kleinere Oeffnung *b* mit einem zarten Kollodionhäutchen geschlossen ist, wie dies Fig. 8 illustrirt. Gegen die Mitte dieser Membran stemmt sich eine ungefähr in der Mitte von dem Halter unterstützte *S*-förmige Feder *c d*, welche durch die kleine Feder *n* gegen den Contact *g* gepresst wird, der ebenfalls etwas federt und dessen Druck gegen die Feder *c d* mittelst der Schraube *h* regulirt werden kann. Der von der galvanischen Batterie *B* kommende elektrische Strom geht durch den Träger *f*, durch die Feder *d c*, den Halter *e*, den Schalltrichter *a b*, dessen Stativ und den damit verbundenen Leitungsdraht nach dem Empfangs-Apparate *C*; der Rückstrom, welcher zur Herstellung des Stromkreislaufes nöthig ist, durch die Erdplatten *E E*, die in Fig. 8 nur schematisch dargestellt sind; überhaupt hat man sich den Verbindungsdraht zwischen beiden, an verschiedenen Orten auf-

gestellten Apparaten von beliebiger — recht grosser — Länge zu denken.

Fig. 8.



Der Empfangs-Apparat *C* besteht aus einem zweischenkeligen Elektromagnete *m m*, der auf einem Reso-

nanzboden *W* liegt. Vor den Polen dieses Magnets ist der Anker *p p* angebracht, der mit der vertical emporstehenden Schiene *i* verbunden ist. Diese Schiene ist mit einer horizontalen Drehaxe versehen, welche sich in dem Ständer *k* zwischen Spitzen sehr leicht hin und her schwingen lässt. Der Anker *p p* ist mit einer durch eine Schraube spannbaren Spiralfeder *s* verbunden und die Entfernung, bis zu welcher der Anker durch den Zug der Feder *s* von den Magnetpolen entfernt werden kann, wird mittelst der Schraube *l* regulirt.

Der in Folge der raschen Stromunterbrechungen eben so rasch hin und her schwingende Anker reproducirt durch seine Schläge gegen die Pole den Ton, der hierdurch viel lauter wird, als bei dem oben beschriebenen älteren Empfangs-Apparate, bei welchem der Ton durch die Longitudinal-Schwingungen des Magnetkernes, d. i. durch Molecularbewegungen erzeugt wurde.

Mit diesem verbesserten Telephon konnten nicht blos Melodien, sondern auch, freilich nur in mangelhafter Weise, Worte mitgetheilt werden.

Eine interessante Modification des älteren Reis'schen Telephons wurde 1865 von S. Yeates in Dublin ausgeführt, indem derselbe den Empfangs-Apparat, ebenso wie dies schon Reis bei seinem verbesserten Telephon gethan hatte, aus einem doppelschenkeligen Elektromagnet mit beweglichem Anker herstellte. Im Uebertrager oder Absender aber brachte derselbe zwischen das auf der Membran liegende Metallplättchen und das darüber befindlich bewegliche Contactstiftchen einen Tropfen schwach gesäuerten Wassers, so dass anstatt einer Reihenfolge intermittirender Ströme ein continuirlicher Strom durch die Leitung ging, dessen Stärke bei den Vibra-

tionen der Membran sich änderte, indem der Contactstift dem Metallplättchen sich näherte oder dasselbe berührte. Im November 1865 zeigte Yeates diesen Apparat in einer Sitzung der Dubliner philosophischen Gesellschaft vor und es soll ihm gelungen sein, mit demselben Worte ziemlich deutlich zu übersenden, doch hat derselbe nachher die Sache nicht weiter verfolgt.

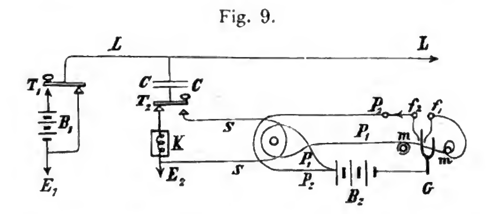
Ein Nachfolger von Reis in der Herstellung musikalischer Telephone war Cromwell Varley in London, der im Jahre 1870 einen derartigen Apparat mit Einschaltung einer Stimmgabel oder einer vibrirenden Metallzunge construirte. In diesem Apparate ist die Stimmgabel oder Metallzunge mit einem sogenannten elektrischen Condensator verbunden und der musikalische Ton wird durch schnelles Laden und Entladen des Condensators erzeugt.

Das Princip des von Varley als musikalischer Telegraph benannten Apparates beruht darauf, dass ein gewisser, an dem einen Ende eines Telegraphendrahtes angeschlagener Ton mittelst eines intermittirenden elektrischen Stromes am anderen Ende des Drahtes wieder zum Vorschein kommt; es ist dies also genau dasselbe Princip, welches schon Reis seinem ersten Apparate zu Grunde gelegt hatte. Varley löste jedoch die Aufgabe in etwas anderer Weise, indem er den zur Tongebung dienenden Körper, d. i. eine Stimmgabel oder eine Metallzunge, zugleich dazu benutzte, bei jeder Vibration den elektrischen Strom zu unterbrechen. Auf diese Weise werden dem Strome in der Zeiteinheit so viele Unterbrechungen zu Theil, als Vibrationen des tönenden Körpers oder Schallwellen vorkommen. Es ist leicht begreiflich, dass durch Elektromagnetismus oder durch andere Mittel

der rasch abwechselnd unterbrochene und wieder hergestellte Strom auf diese Weise am anderen Ende des Leitungsdrahtes einen ähnlichen Ton wie der zuerst zum Tönen gebrachte Körper hervorzubringen vermag.

In seinem von 1870 datirenden Patente schlägt Varley vor, seinen telephonischen Apparat in Verbindung mit den gewöhnlichen Telegraphen-Apparaten durch Erzeugung sehr rascher elektrischer Undulationen in Betrieb zu setzen, welche in keiner bemerkenswerthen Weise die mechanischen oder chemischen Wirkungen der gewöhnlichen Signalströme beeinflussen, welche aber deutlich

Fig. 9.



hörbare oder anders wahrnehmbare Signale hervorbringen lassen. Ein Elektromagnet, sagt Varley, setzt im ersten Moment dem Durchgange des elektrischen Stromes einen grossen Widerstand entgegen und kann deshalb bezüglich der Uebertragung sehr rascher Stromänderungen oder Stromwellen als theilweise undurchlässig (opak) angesehen werden.

In Fig. 9 ist die Anordnung des Apparates an dem einen Ende der Leitung nach Varley's System dargestellt. Der am äussersten linken Ende der Leitung L links angebrachte Apparat besteht aus einem mit der galvanischen Batterie B_1 verbundenen Taster T_1; diese Vorrichtung ist ganz dieselbe, wie sie zur Absendung der

Morseschrift beim gewöhnlichen Telegraphiren benutzt wird. Rechts ist aber der für jede Station nöthige telephonische Apparat eingeschaltet. Mit der Leitung L ist ein Condensator C verbunden und mit diesem Condensator steht wiederum ein Signaltaster T_2 in Verbindung. Die anderen Theile des Systems bestehen aus einer galvanischen Batterie B_2, einer Stimmgabel G, einer Inductionsrolle mit zwei Primärspiralen P_1 und P_2 und einer Secundärspirale S, nebst dem Empfänger K, welchen Varley mit Cymaphon bezeichnet. E_1 E_2 sind Erdplatten für den Rückstrom.

Wir betrachten zuerst die Erzeugung und Absendung der Stimmgabel-Schwingungen, um welche es sich hier hauptsächlich handelt. Die zur Erzeugung eines gewissen Tones bestimmte Stimmgabel G hat einen verlängerten Schenkel, der sich zwischen zwei feinen Federn f_1 und f_2 befindet. Ein Pol der Batterie B_2 ist mit dem Stiele der Stimmgabel und der andere Batteriepol sowohl mit der ersten Primärspirale P_1, als auch mit der zweiten Primärspirale P_2 der Inductionsrolle verbunden. Das andere Ende der ersten Primärspirale ist mit einem Paar kleiner Elektromagnete $m\,m$ und durch dieselben mit der Feder f_1 verbunden. Das andere Ende der zweiten Primärspirale steht in directer Verbindung mit der Feder f_2. Das eine Ende der Secundärspirale ist bei E_2 nach der Erde abgeleitet, während das andere Ende derselben mit dem Taster T_2 verbunden ist.

Wenn der lange Schenkel der Stimmgabel gebogen wird, so dass derselbe mit der Feder f_1 in Berührung kommt, so fliesst ein Strom durch die erste Primärspirale P_1 und durch den Elektromagnet $m\,m$. Diese Magnete ziehen die Schenkel der Stimmgabel etwas auseinander,

und der lange Schenkel wird vom Contact mit f_1 in den Contact mit f_2 gezogen, so dass ein Strom in die zweite Primärspirale P_2 tritt. Indem aber der Strom im Primärstromkreise unterbrochen wird, kehrt der Schenkel zur Feder f_1 zurück und wird dann wiederum von den Elektromagneten zurückgezogen. So geht dies fort, indem die Elektromagnete die Stimmgabel in Schwingung erhalten und es werden abwechselnd momentane Ströme in die erste und in die zweite Primärspirale gesendet. Diese beiden Primärspiralen sind entgegengesetzt gewunden und in Folge dessen sind die in der Secundärspirale inducirten Ströme abwechselnd von entgegengesetzter Richtung. So werden in der Secundärspirale eine Reihe elektrischer Schwankungen (Undulationen) erzeugt, deren Anzahl gleich der Anzahl der Vibrationen der Stimmgabel ist. Durch Niederdrücken des Tasters wird durch diese Undulationen der Condensator abwechselnd geladen und entladen und es wird dadurch eine entsprechende Reihe elektrischer Undulationen in der Leitung erregt, welche sich nach der entfernten Station fortpflanzen.

Anstatt der Stimmgabel kann nach Varley's Vorschlag auch eine Metallzunge, ähnlich wie solche in Harmonikas zur Verwendung kommen, benutzt werden und es wird alsdann durch deren Vibration zwischen den Contacten die Luft erregt, wobei der Condensator abwechselnd mit der Batterie und der Erde, oder abwechselnd mit dem positiven und negativen Pole der Batterie in Verbindung gesetzt wird, während die entgegengesetzten Pole der Batterie mit der Erde verbunden sind. Anstatt des Wellengenerators schlägt Varley auch noch eine rasch rotirende und durch einen guten Regulator controlirte elektromagnetische Maschine vor.

Um diese Vibrationen für Cymaphone (siehe oben) zu benutzen, hat Varley einen einfachen und sinnreichen Apparat construirt. Der Haupttheil dieses Apparates besteht aus einem hartgezogenen Eisen- oder Stahldraht, der über zwei Stege auf einem Resonanzboden ausgespannt ist. Dieser Draht geht durch eine Spirale von mit Seide umsponnenem Kupferdrahte und an jeder Seite des Drahtes ist ein hufeisenförmiger Elektromagnet angebracht. Indem die elektrischen Ströme durch die Spirale gehen, magnetisiren dieselben den ausgespannten Draht und somit wird bewirkt, dass derselbe von den beiden Elektromagneten abwechselnd angezogen und abgestossen wird. Wenn der Draht durch seine Spannung so gestimmt worden ist, dass er synochronisch mit dem entfernten Apparate schwingt und eben solche Stromwechsel hervorruft, so kann man mit sehr schwachen Strömen deutlich hörbare Töne erzeugen. Man kann auch auf den Resonanzboden eine kleine Münze legen, welche durch die Oscillationen zum Tanzen gebracht wird und dadurch den Ton verstärkt. Als Resonanzboden kann sehr gut ein ausgespanntes Trommelfell dienen.

Andere Cymaphone lassen sich auf die folgende Weise herstellen:

Man fertigt einen Condensator aus trockenem Papier und Metallfolie (Staniol) an, dessen rasches Laden und Entladen einen musikalischen Ton hervorbringt.

Durch Anwendung der früher schon erwähnten Entdeckung Page's wird ein Eisenstab in tönende Longitudinal-Schwingungen versetzt, wenn man denselben in schneller Abwechslung magnetisirt und demagnetisirt. Ebenso wird eine Harmonikazunge in hörbare Schwingungen gerathen, wenn dieselbe von einer

Drahtspirale umgeben ist, durch welche man Wechselströme sendet; ganz besonders wird dies der Fall sein, wenn ein schwacher Luftstrom über die Zunge streicht. Durch Hinzufügung von geeignet langen Röhren und Resonanzböden kann man den Ton noch verstärken.

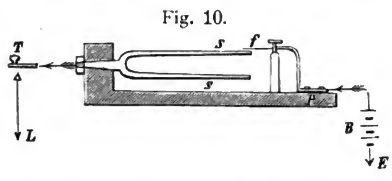
Indem man die magnetisirte Zunge auf einem musikalischen Kamme befestigt und zwischen die Pole eines Elektromagnets mit einem kleinen Eisenkerne oder in eine Drahtspirale bringt, wird dieselbe bei dem Durchgange von elektrischen Undulationen in Schwingungen gerathen. Diese Vorrichtung, sowie auch der zwischen Elektromagneten ausgespannte Stahldraht werden aber nur dann zum Tönen gebracht werden, wenn die durchgehenden Vibrationen sich in Harmonie mit der Zunge oder mit dem Drahte befinden, und folglich können zwei oder mehr bestimmte Reihen von Vibrationen auf die entsprechende Anzahl von verschieden gestimmten Apparaten zur Wirkung gebracht werden, so dass man verschiedene bestimmte Mittheilungen gleichzeitig durch einen und denselben Leitungsdraht zu übermitteln vermag. Durch Einschaltung eines synochronen Stromwenders zwischen den Condensator und den Morse oder einen anderen Empfangs-Apparat können die abwechselnden Ströme zum Betriebe dieses Apparates in gewöhnlicher Weise dienen.

Noch zwei andere im Varley'schen Systeme zur Geltung kommende Punkte verdienen besonderer Erwähnung — nämlich dessen Fähigkeit, in Verbindung mit dem Duplexsystem (Doppeltsprechen) benutzt zu werden, und ferner, dass man damit bei Einschaltung eines Paares von Elektromagneten in den Stromkreis eine Leitung in Abschnitte theilen kann, welche gestatten, dass gewöhnliche Signale frei durchgehen, aber das Durch-

gehen von Wellensignalen verhüten, so dass, während der Leitungsdraht im Ganzen benutzt wird, auch eine theilweise Benutzung desselben zur Uebermittlung localer Telegramme stattfinden kann.

Paul Lacour, Subdirector des meteorologischen Instituts zu Kopenhagen, hat ein anderes System der telephonischen Telegraphie erfunden. Die ersten Resultate seiner Arbeiten sind in einem englischen Patente vom 2. September 1874 niedergelegt. Sein erster Versuch wurde am 5. Juni 1874 auf einer kurzen Strecke einer Telegraphenleitung zu Kopenhagen ausgeführt, da man aber fürchtete, dass die Vibrationen auf Streken von grösserer Länge nicht bemerkbar sein würden, so stellte Lacour im November desselben Jahres auf der Strecke zwischen Friedericia (in Jütland) und Kopenhagen, d. i. auf einer Distanz von 390 Km., welche theils aus Unterseekabel, theils aus Landleitung besteht, weitere Versuche an. Auch bei Anwendung schwacher Ströme erzielte er ein befriedigendes Resultat, indem die von den Strompulsationen erregten Töne deutlich vernehmbar waren.

Fig. 10.



Lacour's Sender (Uebertragungs-Apparat) ist in Fig. 10 illustrirt. Der Stromunterbrecher (Interruptor) besteht aus einer Stimmgabel *S S*, welche mit ihrem Stiele horizontal in einem Holzgestell befestigt ist. Wenn diese Stimmgabel in Vibrationen versetzt wird, so stellt dieselbe mit der Feder *f*, deren Stellung mittelst einer

Schraube regulirbar ist, den Contact her. Der Träger der Feder *f* ist mittelst einer Ebonitplatte *p* vom Gestell isolirt und ebenso muss auch die Stellschraube der Feder isolirt sein.

Wenn der Stiel der Stimmgabel durch einen Signalisirtaster *T* mit dem einen Pole der Senderbatterie *B*, deren anderer Pol bei *E* nach der Erde geführt ist, in Verbindung steht und die Feder *f* mit der Leitung in Verbindung sich befindet, oder wenn — wie dies Fig. 10 darstellt — diese Verbindung in umgekehrter Weise stattfindet, indem die Batterie *B* mit der Feder *f* und der Stimmgabelstiel durch den Signalisirtaster *T* mit der Leitung verbunden ist, während die Rückleitung durch die Erdplatten *E E* stattfindet, so wird durch Niederdrücken des Tasters *T* ein intermittirender Strom durch die Leitung fliessen. Die Stromunterbrechungen werden natürlich gleich der Anzahl der Stimmgabel-Schwingungen und mit denselben isochron sein. Der Taster wird wie ein gewöhnlicher Signalisirtaster gehandhabt, aber anstatt continuirlicher Ströme werden, wie gesagt, intermittirende Ströme durch die Leitung gehen. Die Anzahl der Stromunterbrechungen pro Secunde hängt von der Gabel ab. Durch Anwendung eines zweiten Contactes am anderen Schenkel der Gabel kann, ähnlich wie bei Varley's System, eine Reihenfolge entgegengesetzter Impulse abwechselnd in der Leitung erregt werden.

Fig. 11.

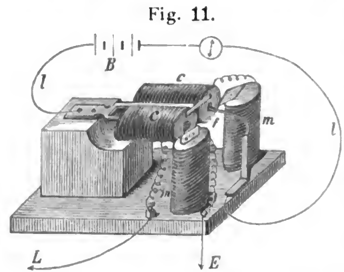


Fig. 11 stellt Lacour's Empfangs-Apparat dar; derselbe besteht aus einer Stimmgabel, die aber nicht wie bei dem Sender aus Stahl, sondern aus weichem Eisen hergestellt ist und deren beide Schenkel mit Drahtrollen *c c* umgeben sind, so dass diese Stimmgabel eine Art hufeisenförmigen Elektromagnet bildet. Ausserdem ist aber auch noch ein zweischenkeliger senkrecht stehender Elektromagnet *m m* vorhanden, dessen Pole sich dicht unterhalb der aus den Drahtrollen hervorragenden Stimmgabelenden befinden, so dass die letzteren frei vibriren können. Der von der Hauptleitung *L* kommende Strom geht zuerst durch die Drahtrollen *c c* der Gabel und dann durch die Drahtrollen des Elektromagnets *m m* bei *E* nach der Erde. Auf diese Weise wird in den eisernen Stimmgabelschenkeln die entgegengesetzte Polarität im Vergleiche zur Polarität der Magnete *m m* erzeugt und da die Enden der Stimmgabelschenkel sich dicht über den entgegengesetzten Polen des Elektromagnets befinden, so werden dieselben stark auseinander gezogen und durch den intermittirenden Strom in rasche Schwingungen versetzt. Es wird daher die Stimmgabel des Empfängers (Fig. 11) in übereinstimmende Schwingungen mit der Stimmgabel des Senders (Fig. 10) gerathen. Durch diese Schwingungen kommt sehr bald im Empfänger der eine Schenkel der Stimmgabel mit einer Feder *F* in Contact und durch diesen Contact wird ein Localstrom einer Batterie *B* geschlossen, so dass der Empfänger zugleich als ein Relais gewöhnlicher Art eingerichtet ist.

Auf diese Weise können die undulirenden Ströme zum Betriebe eines gewöhnlichen Morse- oder anderen Telegraphen-Apparates dienen.

„Ich gebe zu" — bemerkte Lacour in der königlich dänischen Akademie der Wissenschaften im Jahre 1875 — „dass ich nicht die Zeit bestimmen kann, welche erforderlich ist, um in der Stimmgabel des Empfängers Vibrationen von einer gewissen Stärke zu erzeugen. Diese Zeit ist eine Function verschiedener Factoren. Durch Versuche ist aber nachgewiesen worden, dass die Zeit, welche vergeht, bevor der Localstrom geschlossen wird, nur ein kleiner Bruchtheil einer Secunde und also kaum bemerkbar ist, auch wenn man nur mit einem sehr schwachen Strome operirt."

Der Vortheil dieses Systems liegt darin, dass dasselbe leicht die Multiplex-Telegraphie zulässt, oder gestattet, dass eine Anzahl bestimmter Signale gleichzeitig durch einen Leitungsdraht übermittelt werden; und ferner gestattet dieses System mittelst des Localstromes, dass gewisse gebräuchliche Telegraphen-Apparate zum Abgeben der Telegramme benutzt werden können. Der intermittirende Strom wirkt nur auf eine Stimmgabel in Uebereinstimmung mit der Stimmgabel, welche die Stromunterbrechungen hervorruft. Es können daher eine Anzahl verschieden gestimmter Stimmgabeln in Anwendung gebracht werden, die ähnlich wie in Fig. 10 angeordnet sind und welche dazu dienen können, um mit dem Signalisirtaster eine Anzahl intermittirender Ströme auf einmal in die Leitung zu senden. Hierdurch können nun eben so viele gleichgestimmte Stimmgabeln, welche die in Fig. 11 illustrirte Einrichtung haben, auf der Empfangsstation zum Tönen gebracht werden. Diese gleichzeitigen Stromundulationen in einem Leitungsdrahte werden einander keineswegs stören. Die gleichgestimmte Gabel wird in jedem Falle durch ihren besonderen Strom erregt

werden, oder wenn kein Strom in dieselbe gesendet wird, in Ruhe bleiben, während die anderen mit der Leitung in Verbindung stehenden Gabeln, deren Ströme im Betriebe sind, ihre Töne erklingen lassen.

Auf diese Weise kann durch gleichzeitiges Niederdrücken von zwei oder mehreren Signalisirtastern durch eine Combination elementarer Signale ein Wort mittelst zwei oder mehreren Stimmgabeln sozusagen in der Weise abgespielt werden, wie man auf den Tasten eines Pianoforte spielt. Es können aber auch die gleichzeitig auf diese Weise übermittelten Signale ein Theil einer bestimmten Depesche sein. Durch diese Mittel ist auch ermöglicht, dass eine Endstation einer telegraphischen Leitung mit irgend einer oder mit mehreren Zwischenstationen sich in Verbindung setzen kann, oder die Zwischenstationen können mit der Endstation communiciren, ohne dass in irgend welcher Weise der Dienst auf den anderen Stationen gestört wird. Es kann daher ein Signal zwischen zwei beliebigen Stationen ausgewechselt werden, ohne dass dies auf den übrigen Stationen bemerkbar wird. In allen Fällen, wo es von Wichtigkeit ist, wie im Kriege oder bei Feueralarm u. s. w., Signale nur nach gewissen Punkten zu senden, ist dieses System anwendbar und von grossem Werthe.

Dieselbe Wirkungsweise zur gleichzeitigen Uebertragung vieler Signale auf einmal ist anwendbar zur Herstellung eines verbesserten Pan- oder Facsimile-Telegraphen. Bei den vorhandenen Pantelegraphen von Bain, Caselli und Anderen ist nur ein Markirgriffel thätig und es muss derselbe über die ganze Papierfläche des Telegrammes hinweggehen, um eine Copie desselben herzustellen; aber mit dem Lacour'schen Telegraphen-Apparate ist es mög-

lich, eine grössere Anzahl Griffel dicht nebeneinander anzubringen, welche kammartig angeordnet sind und dieselben können in einer Richtung auf einmal über das Telegramm streichen. Auf diese Weise lässt sich eine getreue Copie des Telegrammes in viel kürzerer Zeit herstellen, als nach der früheren Methode.

Lacour führt auch in Verbindung mit seinem System an, was Varley bei dem seinigen in Betracht zieht, nämlich: dass gewöhnliche Ströme von der Leitung durch den Empfänger gehen können, ohne dass ihr Vorhandensein störend in die Wirkungsweise der Apparate einwirkt, vorausgesetzt, dass dieselben nicht sehr stark sind. Der Vortheil, welcher hieraus entspringt, liegt darin, dass gewöhnliche atmosphärische und terrestrische Ströme nicht die Wirkungsweise dieses telephonischen Telegraphirsystems stören, wie dies bei anderen Systemen der Fall ist.

Wie aus der obigen Beschreibung des Uebertragungs-Apparates oder Senders hervorgeht, liegt ein Mangel des Lacour'schen System in dem Umstande, dass die Sendergabel in ihren Schwingungen nicht unterstützt wird, so dass dieselben in Folge des Luftwiderstandes schliesslich aufhören müssen. In einem späteren englischen Patente vom Jahre 1876 beschreibt aber Lacour eine Verbesserung seines Apparates, wodurch diesem Uebelstande abgeholfen werden soll. Diese Verbesserung besteht darin, dass die vibratorische Energie der Uebertragergabel mittelst Elektromagneten erhalten bleiben soll, welche durch den von der Gabel unterbrochenen Strom erregt werden, nachdem die Gabel zuerst mit der Hand in Schwingung versetzt worden ist. Dieser Apparat gleicht daher sehr dem in Fig. 11 abgebildeten Empfänger und eine nähere Beschreibung ist also nicht nöthig. Durch diese Anordnung

werden die Gabeln in continuirlicher und stetiger Schwingung erhalten und durch Handhabung der Signalisirtaster kann eine Reihe verschiedener intermittirender Töne in die Leitung gesendet werden. „So ein continuirlich vibrirender Strom," sagt Lacour, „kann auch zu anderen Zwecken als telegraphischen Verwendung finden, denn seine Regelmässigkeit ist so gross, dass für etwa Tausende von Strömen nicht so viel Abweichung oder Differenz stattfindet, wie bei einem Strome von der normalen Zahl des fraglichen Apparates. Als Regulator für Uhrwerke angewendet, ergiebt dieser Apparat für viele Zwecke eine grössere Genauigkeit als ein gutes Compensationspendel."

Zwei andere Verbesserungen des Lacour'schen Apparates mögen hier auch noch Erwähnung finden. Er schlägt nämlich die Anwendung einer oder mehrerer Inductionsspiralen in Verbindung mit seinen Uebertragungsgabeln vor. Die Primärspiralen werden mit den Gabeln in den Stromkreis eingeschaltet, während die Secundärspirale sich im Stromkreise der Leitung befindet. Auf diese Weise wird die Leitung von einer Reihenfolge abwechselnd positiver und negativer Ströme durchlaufen, welche Undulationen oder Wellen erregen. Nach dieser Methode soll das Operiren mit diesem System sehr erleichtert und vereinfacht werden und es sollen mehr Ströme gleichzeitig ohne gegenseitige Störung durch den Draht hindurch gehen können.

Die andere Verbesserung besteht in einem Mittel, die Dauer des Localstromes im Empfangs-Apparate stets gleich der Dauer des wirksamen undulirenden Stromes zu machen, welcher den Localstrom schliesst. Zu diesem Zwecke erhält die Stimmgabel des Empfangs-Apparates

möglichst geringe Trägheit, so dass dieselbe schnell in Schwingungen versetzt wird und eben so schnell wieder zur Ruhe kommt. Dies wird am besten erreicht, indem man den Apparat so construirt, dass beide Schenkel der kleinen Stimmgabel in derselben Drahtspule sich befinden, so dass sie darin frei vibriren können, während der Gabelstiel durch die Mitte einer anderen Drahtspule geht und wiederum zurückgebogen ist, so dass er in zwei Schenkeln oder Zweigen endet, welche gerade die beiden Schenkel der Gabel zwischen sich einschliessen. Wenn ein Strom beide Drahtspulen durchdringt, so bringt derselbe beispielsweise in den beiden Schenkeln der Gabel Nordmagnetismus und in den beiden Zweigen des Stieles Südmagnetismus hervor. Die Schenkel stossen sich gegenseitig ab und werden auch durch die Anziehung der Stielzweige auseinander gezogen. Wird der Strom unterbrochen, so federn sie wieder zusammen und so wird die gewünschte Vibration erhalten.

Ein drittes musikalisches Telephonsystem ist der sogenannte elektroharmonische Telegraph von Elisha Gray in Chicago. Im Jahre 1874, wenige Monate vor Lacour, erhielt Gray ein englisches Patent auf eine Uebertragungsmethode musikalischer Töne von irgend welcher Höhe mittelst eines elektrischen Stromkreises, in welchem eine Reihenfolge elektrischer Impulse, welche an Zahl der den Ton bildenden Vibrationen entsprachen, hindurch geführt wurde. Die Reihenfolge der Ströme konnte durch die Anwendung einer Inductionsrolle hervorgerufen werden, in welcher ein Strom in der Primärrolle, der durch ein vibrirendes Elektrotom oder einen Contactbrecher unterbrochen wurde, eine Reihenfolge inducirter Impulse von hoher Spannung in der Secundärspirale hervorrief.

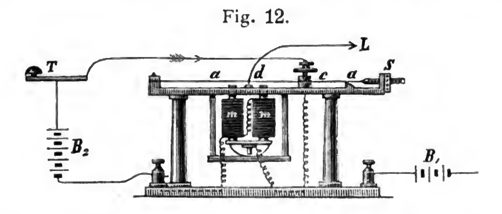
Diese inducirten Impulse wurden durch die Leitung gesendet und ergaben, indem sie auf eine einen Eisenkern enthaltende Drahtspirale wirkten (ähnlich wie in Varley's System) oder indem sie durch ein lebendes Gewebe in Verbindung mit einem Resonanzboden gingen, einen dem Betrage ihrer Aufeinanderfolge entsprechenden Ton. Abgesehen von den Details des Mechanismus, ist die zuletzt erwähnte Erregungsmethode die besondere Neuheit dieses Patentes und unzweifelhaft die merkwürdigste Thatsache, welche noch einer Erklärung bedarf. Mit dem Strome durch ein lebendes Gewebe ist nämlich gemeint, dass eine Person sich selbst in den secundären Stromkreis einschalte und ihre Hände oder irgend einen anderen Theil ihres Körpers in Contact mit einem resonanzgebenden Elektricitätsleiter bringe, so dass der Stromkreis dadurch geschlossen ist und die Impulse durch den lebenden Körper gehen, wodurch dieselben im Körper eine entsprechende Anzahl von Vibrationen hervorrufen; wenn diese von genügendem Betrage und genügender Intensität sind, so wird ein musikalischer Ton entstehen, dessen Qualität von der Natur der resonanzgebenden Substanz abhängig ist, welcher aber dieselbe Höhe hat, welche durch die Vibrationen des vibrirenden Strombrechers am Absendungsende hervorgebracht wird. Dieser resonanzgebende Körper kann aus einem dünnen metallischen Cylinder, oder aus einer über einen Violinkasten durch Metallsaiten gespannten Metallplatte, einem über einen Ring gespannten Papierblatte oder einer anderen ähnlichen Vorrichtung bestehen. Es soll jetzt ein besonders für diesen Zweck geeigneter Resonator beschrieben werden

In diesem ersten Patente Gray's ist das Multiplexsystem der Telegraphie noch mit keiner Silbe erwähnt.

Er schlägt vor, bei Anwendung seines Telegraphirsystems das Morse-Alphabet, welches aus einfachen, für jeden Buchstaben in einer gewissen Ordnung aufeinander folgenden Zeichen besteht, durch Anwendung von Tönen verschiedener Höhe für die einzelnen Buchstaben zu ersetzen. Diese Töne sollen sich rascher in der Reihenfolge hervorbringen lassen als die gedruckten oder eingeprägten Zeichen und ihre Dauer soll kürzer ausfallen als die bis dahin zu ihrer Hervorbringung nöthige Zeit.

Wird die Morseschrift noch benutzt, so können durch den einen Ton Punkte und durch den anderen Ton

Fig. 12.



Striche dargestellt werden. Aber, abgesehen von der Morseschrift, lassen sich Signale in verschiedenen Combinationen hervorbringen, welche leicht verständlich sind, so dass der Telegraphist Augen und Hände frei behält, um die Depesche niederschreiben zu können.

In den darauf folgenden englischen Patenten von 1875 und 1876 beschreibt Gray die Anwendung seines Telephons in der Multiplex-Telegraphie und den Gebrauch des gewöhnlichen Morse-Apparates, der als Empfänger in Verbindung mit dem Telephon durch eine Localbatterie betrieben werden kann. Fig. 12 stellt den Uebertrager oder Sender nach einer der Gray'schen Constructionen dar; derselbe ist auf das Gesetz basirt, dass jeder

vibrirende Stab oder jede vibrirende Saite von bestimmter Länge, Breite oder Dicke und Spannung eine gewisse Anzahl von Vibrationen in der Secunde ausführt und dadurch einen gewissen musikalischen Ton, der als Grundton des Stabes oder der Saite bezeichnet wird, hervorbringt.

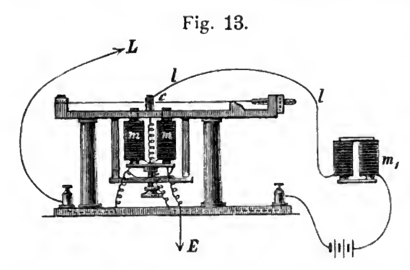
In dem abgebildeten Apparate kann ein dünner Stahlstab oder Draht *a* mittelst der Schraube *s* gespannt werden; andererseits ist der Stab auf dem Klötzchen befestigt und die ganze Spannvorrichtung ruht auf zwei Säulchen, wobei sie in der Mitte den Elektromagnet *m m* trägt. Diese Elektromagnete gehen mit ihren Polen durch die Basis des Gestelles hindurch, so dass sie sich dicht unterhalb des Stahlstabes *a* befinden; *c* ist ein über dem Drahte *a* befindlicher adjustirbarer Contact, während unterhalb des Stabes *a* sich ein zweiter Contact bei *d* befindet. Zwischen diesen Contacten kann der Draht frei vibriren.

Mittelst der Localbatterie *B* und des Tasters *T* wird ein Strom durch den Contact *c*, den vibrirenden Draht oder Stab *a* und die Elektromagnete *m m* hergestellt. Diese Elektromagnete ziehen alsdann den Draht *a* an und entfernen ihn vom Contacte *c*. Hierdurch wird der Strom gebrochen und die Elektromagnete verlieren ihre Anziehungskraft, so dass der Stab *a* zurückschwingt und wiederum mit *c* in Contact kommt, wodurch sofort der Strom mit demselben Effecte wie vorher hergestellt wird. Auf diese Weise wird der Stab *a* in fortdauernden Schwingungen erhalten, so lange der Taster *T* niedergedrückt wird. Der so vibrirende Stab wird zur Unterbrechung des Leitungsstromes benutzt, in dessen Stromkreise sich die Batterie *B*, der untere Contact *d*, der

Stab *a*, die Leitung und der Apparat an der anderen Station befindet, während die Erde die Rückleitung bildet. Bei jeder Vibration kommt der Stab *a* in Contact mit *d* und dadurch wird der Leitungsstrom so oft unterbrochen, als der Stab eine Schwingung macht, d. h. so oft, als Vibrationen in seinem Fundamentaltone vorhanden sind.

Durch Niederdrücken des Signalisirtasters *T* wird das Vibriren des Stabes hervorgerufen, dadurch der Leitungsstrom geschlossen und ein intermittirender Strom nach der entfernten Station gesendet.

Fig. 13.



Der Empfangs-Apparat (Fig. 13) an der entfernten Station ist dem Uebertragungs-Apparate ähnlich. Der Leitungsstrom geht durch den Hauptleitungsdraht *L* in die Elektromagnete *m m* und von da bei *E* in die Erde und setzt durch Erregung der Elektromagnete *m m* den ausgespannten Stahlstab in Vibration; dieser Stab ist durch seine Dimensionen und Spannung so adjustirt, dass er denselben Fundamentalton wie der vibrirende Stab des Uebertragungs-Apparates giebt. Der so in Vibration versetzte Stab kann deshalb so angeordnet werden, dass er einen hörbaren Ton von derselben Höhe abgiebt, wie der Stab am Uebertrager, oder er kann dazu dienen, durch Berührung des Contactes *c* einen Localstrom *l* zu schliessen, in welchen ein gewöhnlicher Elektromagnet

oder ein anderer zeichengebender Apparat oder ein Relais eingeschaltet ist. Da die Unterbrechungen im Localstrome *l* so kurz sind, dass dieselben in Folge der Trägheit des Magnetismus keine Entmagnetisirung des Elektromagnets eintreten lassen, so hält dieser seine Armatur fest und die Wirkungsweise der intermittirenden Ströme wird genau dieselbe sein, wie die eines continuirlichen Stromes.

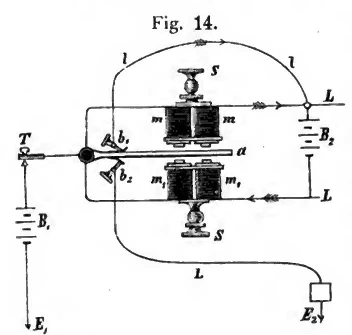
Es können selbstverständlich eine Anzahl solcher Uebertragungs-Apparate an der Sendungsstation so angeordnet werden, dass jeder mit seinem Empfangs-Apparate an der anderen Station verbunden ist. Man kann daher auch mit diesem System gleichzeitig durch einen Draht eine gewisse Anzahl von Telegrammen senden, wobei jeder Empfangs-Apparat (Geber) unisono mit seinem Uebertragungs-Apparate (Sender) ertönt. „Daher können (nach Gray's Ausspruch) so viele Uebertragungs-Apparate und voneinander unabhängige Localströme vorhanden sein, als es ganze oder halbe Töne in zwei oder mehr Octaven giebt, und jeder vibrirende Stab kann in verschiedenen Tönen der Tonleiter gestimmt sein. Die Apparate können nebeneinander aufgestellt und ihre bezüglichen Localtaster gleich den Tasten einer Claviatur angeordnet werden, so dass sich das System leicht abspielen lässt und die Töne beliebig combinirt werden können. Man kann aber auch die Uebertragungs-Apparate entfernt voneinander aufstellen. An der Empfangsstation wird eine entsprechende Anzahl von Apparaten entweder ebenfalls dicht nebeneinaner oder durch beliebige Zwischenräume getrennt aufgestellt sein."

Anstatt die Vibrationen von Elektromagneten aufnehmen zu lassen, wie dies eben beschrieben worden

ist, kann man dieselben auch, wie vorher bemerkt wurde, auf eine vibrirende Metallplatte zur Wirkung bringen, welche über einer Violine aufgehängt ist, oder man kann einen beliebigen Resonator, oder auch Orgelpfeifen anwenden, von denen jede auf einen gewissen Fundamentalton gestimmt ist und es kann jeder beliebige einfache Ton von dem Klange oder zusammengesetzten Tone der Platte ausgewählt werden.

Eine andere Methode Gray's zur telegraphischen Tonübertragung ist in Fig. 14 abgebildet.

Fig. 14.



Der bezügliche Apparat besteht aus einer federnden Lamelle *a*, die auf einen bestimmten Ton gestimmt und so befestigt ist, dass sie zwischen den Polen von zwei Paar Elektromagneten m m_1 vibrirt, welche mittelst der Schrauben *s s* sich der federnden Lamelle nähern oder davon entfernen lassen. Die Lamelle *a* ist mit zwei Federn armirt, die mit kleinen Platinstiften versehen sind, welche an den zugespitzten Enden zweier Stellschrauben b_1 b_2 abwechselnd Contacte herstellen, sobald die Lamelle in Vibration versetzt wird. Diese Lamelle wird durch einen Stoss zur Vibration gebracht und mittelst der sogenannten magnetischen Batterie B_2 in der folgenden Weise darin erhalten: Der Stromkreis der magnetischen Batterie wird — wie Fig. 14 erkennen lässt — durch die beiden Elektromagnete m und m_1 vervollständigt.

Dieselben heben gegenseitig ihre Wirkung auf, so lange die Lamelle *a* sich zwischen ihnen im Ruhezustande befindet. Wird aber die Lamelle in Oscillationen versetzt, so schliessen und öffnen die Federn bei b_1 b_2 den Strom. Jedesmal wenn der Contact b_1 geschlossen und für den Strom der Batterie B_2 also kurzer Schluss durch die Zweigleitung *l l* hergestellt ist, kommt der Elektromagnet *m* ausser Wirkung, so dass alsdann die Lamelle *a* der alleinigen Anziehung des Elektromagnets m_1 unterliegt und folglich von demselben niederwärts gezogen wird. Durch diesen schwachen magnetischen Stoss wird die Lamelle zur Fortsetzung ihrer Vibrationen veranlasst, der Contact bei b_1 b_2 wird dadurch wieder geöffnet und der Elektromagnet *m* wieder in den Hauptstromkreis der Leitung *L L* eingeschaltet; diese Einschaltung des Elektromagnets *m* ist aber nur momentan, indem durch die fortgesetzten Vibrationen der Lamelle *a* der Contact bei b_2 immer wieder abwechselnd hergestellt wird.

Die so in stetiger Vibration erhaltene Lamelle *a* wird dazu benutzt, den Leitungsstromkreis mittelst der anderen Contactfeder bei b_1 zu unterbrechen. Durch diesen Contact bei b_1 sind die Sendungsbatterie B_1, der Signalisirtaster *T* und die Leitung *L L* miteinander verbunden. So oft der Taster *T* niedergedrückt wird, fliesst ein Strom durch die Leitung *L L*, aber derselbe wird auch sofort durch die von der vibrirenden Lamelle *a* im Stromkreise hervorgerufenen Unterbrechungen wieder unterbrochen. Diese Unterbrechungen entsprechen natürlich dem Betrage der Lamellenvibrationen und der Strom wird, wenn seine Benutzung in geeigneter Weise erfolgt, am Empfangs-Instrumente am anderen Ende der Leitung denselben Ton, welchen die Lamelle *a* erklingen lässt, wieder hörbar machen.

Fig. 15 zeigt einen einfachen elektromagnetischen Empfangs-Apparat, mit welchem deutlich hörbare Töne erhalten werden können; derselbe besteht aus einem doppelten Elektromagnet *m*, welcher auf einem hölzernen, an dem einen Ende geschlossenen, am anderen Ende offenen Kästchen befestigt ist. Die Armatur des Elektromagnets besteht aus einer Stahlzunge *ZZ*, von welcher das eine Ende fest mit dem einen Magnetpole verbunden, das andere Ende frei ist, so dass dasselbe dicht unter dem anderen Magnetpole vibriren kann. Wenn der intermittirende Strom der Leitung *L* durch diesen Elektromagnet hindurch nach der Erde (bei *E*) geht, so wird das freie Ende der Stahlzunge abwechselnd vom Magnetpole angezogen und wieder freigelassen; auf diese Weise vibrirt die Stahlzunge mit dem Strome. Diese Zunge ist so gestimmt, dass sie denselben Fundamentalton ausgiebt wie das Resonanzkästchen, welches so abgestimmt ist, dass es die Maximalresonanz des gewünschten Tones producirt. Wenn also die Zunge vibrirt, so wird ihr Fundamentalton durch das Resonanzkästchen nach den bekannten Gesetzen der Akustik verstärkt. Mit diesem Apparate wird ein übertragener Ton laut hörbar übertragen, vorausgesetzt, dass derselbe mit dem Tone des Kästchens übereinstimmt; andernfalls wird der Ton nicht gehört. Auf diese Weise wirkt der beschriebene Apparat als ein Analyseur der übetragenen Ströme und wird für Multiplex-Telegraphie verwendbar. Denn wenn eine Anzahl Uebertragungs-Apparate, die ähnlich dem in

Fig. 15.

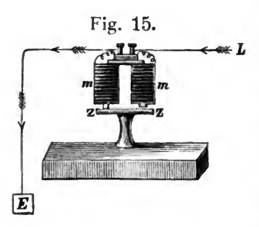


Fig. 14 abgebildeten sind, sich im Stromkreise eingeschaltet befinden und in Betrieb genommen werden, und jeder dieser Apparate ist auf der Empfangsstation mit einem solchen ihm gleich gestimmten Analyseur (Fig. 15) verbunden, so wird der durch die Leitung gesendete, aus den verschiedenen intermittirenden Strömen zusammengesetzte Strom durch die Analyseure gleichsam wie durch Siebe wiederum in die verschiedenen Töne getrennt und jeder dieser Töne wird seiner ihm eigenthümlichen Reihenfolge von Vibrationen entsprechen.

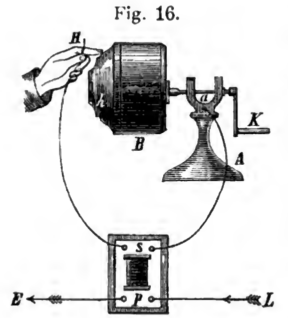
Dieser Analyseur lässt sich auch zur Schliessung eines Localstromes und zum Betriebe eines Morse'schen oder anderen depeschenabgebenden Instrumentes benutzen, indem vor die Oeffnung des Kästchens ein Diaphragma aus Pergament oder Goldschlägerhäutchen ausgespannt und auf dasselbe ein Platincontact befestigt wird, welcher mit einer Contactfeder in Berührung kommt, sobald das Diaphragma an den Schwingungen der im Kästchen eingeschlossenen Luftsäule theilnimmt.

Der physiologische Empfänger Gray's ist der interessanteste, weil sonderbarste Apparat von allen. Derselbe ist in Fig. 16 illustrirt.

Der intermittirende Strom der Leitung *L* wird durch die Primärspirale (bei *B*) einer kleinen Inductionsrolle (bei *P*) nach der Erde *E* abgeführt, während der Strom der Secundärspirale (bei *S*) nach dem Empfangs-Apparate geht. Die Inductionsrolle ist zwar kein wesentlicher Theil des Apparates, aber sie ist zur Verstärkung des Stromes nützlich. *A* ist ein eisernes, oberhalb (bei *a*) gegabeltes Stativ, in dessen zwei Schenkel eine Achse gelagert ist. Die Lager dieser Axe sind vom übrigen Theil des Ständers durch eine Zwischenlage von Ebonit isolirt. Die

Axe ist mittelst einer kleinen isolirten Handkurbel *K* drehbar und trägt an ihrem anderen Ende eine hohle Resonanzbüchse *B* aus hartem Holze, welche gegenüber der Axe mit einem gewölbten Deckel aus Zinkblech verschlossen ist, worin sich in der Mitte bei *h* ein kleines Luftloch befindet. Dieser gewölbte Zinkdeckel ist innerhalb der Büchse durch einen Draht mit der Axe verbunden; ausserdem steht die Axe und somit auch der Zinkdeckel der Resonanzbüchse mit der Secundärspirale in leitender Verbindung. Das andere Drahtende der Secundärspirale hält bei *H* der Experimentator in der Hand. Wird nun ein trockener Finger der Hand leicht gegen die Zinkfläche gedrückt und die Resonanzbüchse mittelst der Kurbel langsam in Umdrehung versetzt, so bewirkt der vom Finger in die leitende Fläche der Resonanzbüchse eintretende Strom, dass ein Ton entsteht, dessen Höhe dem Strome entspricht. Wird bei diesem Versuche kein Strom durch die Inductionsrolle gesendet, so hört man nur die trockene Reibung des Fingers auf dem Zink, aber in dem Augenblicke, wo der Strom durch die Drähte bei *a* und *H* hindurch geht, wird ein lauter musikalischer Ton hörbar, der so lange andauert, als der Strom vorhanden ist. Es ist nicht leicht zu erklären, weshalb durch die Drehung der Resonanzbüchse der Ton verstärkt wird, der Versuch weist aber nach, dass dies wirklich der Fall ist.

Fig. 16.



Zum erstenmale wurde das Gray'sche Telephon im April 1877 in der Steinway-Hall in New-York öffentlich vorgeführt. Der Sender bestand aus einer Claviatur mit vierundzwanzig Tasten und war derselbe in Philadelphia, d. i. in einer Entfernung von 145 Km., aufgestellt. Die in Philadelphia auf einem Pianoforte abgespielte Musik war, nach einem im „Scientific American" veröffentlichten Berichte, in New-York im grossen Saale der Steinway-Hall hörbar, jedoch war der Klang im Allgemeinen schwach, und nur die tiefen Töne traten deutlicher hervor.

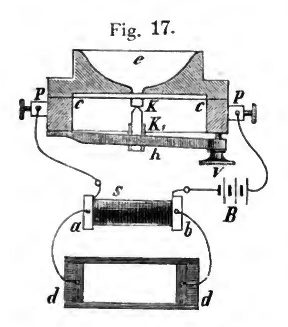
Der Gray'sche Apparat war im Jahre 1877 mit Erfolg in den telegraphischen Leitungen der Westen Union Telegraph Company zwischen Boston und New-York und anderen Plätzen — auf Entfernungen von mehreren hundert englischen Meilen — in Betrieb und es wurde damals behauptet, dass mit demselben gleichzeitig vier Telegramme auf mehr als 240 englische Meilen (386 Km.) Distanz übermittelt worden wären. Bei neuerdings an der Telegraphenleitung zwischen New-York und Boston angestellten Versuchen wurden fünf Depeschen gleichzeitig durch einen Draht gesendet und indem an jeder der beiden Endstationen fünf Telegraphisten thätig waren, gelang es, 2130 einfache Depeschen in einer Stunde zu befördern. Durch die Verbindung des Duplexsystems (des Gegensprechens) mit dem Fünffachsystem hoffte der Erfinder gleichzeitig sogar zehn Depeschen durch einen Draht zu transmittiren.

Trotz dieser bewundernswerthen Erfolge scheint es doch nicht, als ob diese musikalischen Telephone im praktischen Telegraphendienste bereits eine besondere Bedeutung erlangt hätten, woraus wohl geschlossen wer-

den darf, dass dieselben noch nicht mit der genügenden Sicherheit auf die Dauer wirken und vielleicht auch sonst für den praktischen Dienst Unbequemlichkeiten bieten.

Pollard's und Garnier's singender Condensator, das singende Buch genannt, hat als eine Vereinfachung der im Vorhergehenden beschriebenen Apparate zu gelten. Dieser in Fig. 17 abgebildete Apparat, bestehend aus dem Condensator *C*, der aus einer grösseren Anzahl, etwa dreissig, Papierblättern und dazwischen liegenden Staniolblättern hergestellt ist, ermöglicht die Wiedergabe musikalischer Töne ohne Anwendung eines Elektromagnets. Eine mit diesem Apparate reproducirte Melodie, etwa ein gesungenes Lied, kommt zwar nicht ganz rein zum Vorschein, ist der Sänger jedoch geschickt, indem er seine Stimme der Eigenthümlichkeit des Apparates anpasst, so werden die Töne sanft, ähnlich wie von einem Violoncello oder einer Hoboe aus dem Condensator herausklingen. Die Grösse der zur Herstellung des Condensators verwendeten dreissig Papierblätter beträgt 13 und 9 Cm., während die achtundzwanzig dazwischen liegenden Staniolblätter nur 12 und 6 Cm. messen. Die Staniolblätter gerader Zahl sind an der einen Seite, die Staniolblätter ungerader Zahl aber an der anderen Seite untereinander verbunden. Das so hergestellte singende Buch liegt auf einer Platte aus steifer Pappe und ist mit einem Papierbande umwunden; die Staniolblätter werden

Fig. 17.



an beiden Seiten des Buches durch Kupferplatten zusammengepresst, in deren Klemmschrauben Drähte befestigt sind, welche mit der Secundärspirale *S* einer Inductionsrolle in Verbindung stehen, deren Primärspirale in den Stromkreis einer galvanischen Batterie *B* aus sechs Leclanché-Elementen sammt dem Uebertragungs-Apparate oder Sender eingeschaltet ist.

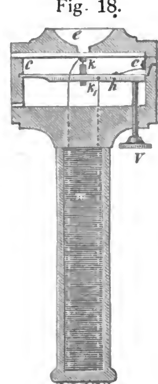
Der Sender besteht aus einem kleinen hölzernen Ringe, der an der einen Seite mit einer sehr dünnen Platte *c c* aus Weissblech (Diaphragma) geschlossen ist, worüber sich ein Mundstück oder Schalltrichter *e* befindet, in welchen hineingesungen wird. An der dem Mundstück entgegengesetzten Seite der dünnen Blechplatte ist ein cylindrisches Stückchen harter Kohle *K* (von der zu galvanischen Batteriecylindern dienenden Masse) aufgekittet. Ein unterhalb des Holzringes in geeigneter Weise angebrachter hölzerner, etwas federnder Querstab *h* trägt ein zweites derartiges Kohlenstäbchen K_1, dessen Stellung zum anderen Konhlenstäbchen *K* mittelst der Schraube v so regulirt werden kann, dass beide Kohlen im Ruhezustande des Diaphragmas *c c* sich nicht berühren, bei der leichtesten Schwingung des Diaphragmas aber miteinander in Berührung kommen und einen elektrischen Contact für den Durchgang des Stromes bilden.

Die Einstellung der beiden Kohlenstückchen wird so nach dem Gehör regulirt, bis drei Töne nacheinander gut reproducirt werden. Die secundären Windungen der Inductionsrolle *S* bestehen aus zwanzig Lagen Kupferdraht Nr. 30 oder besser Nr. 42, der mit Seide übersponnen ist, die primären aus vier Lagen Nr. 16. Die Länge der Rolle soll 7 Cm. nicht überschreiten;

der Durchmesser des aus Eisendraht bestehenden Kernes soll etwa 1 Cm. sein.

Der Apparat arbeitet gut, wenn man den Mund fest auf das Mundstück drückt, wie wenn man eine Rohrflöte bläst. Man muss dabei die Schwingungen des Diaphragmas hören. Anstatt der beiden Kohlenstückchen kann man auch Platincontacte benutzen.

Fig. 18.



Der eben beschriebene telephonische Apparat ist von Janssens in der Weise, wie Fig. 18 illustrirt, vereinfacht und handlicher gemacht worden. Es ist hier die Inductionsrolle *m* mit dem Sender vereinigt und ausserdem die ganze Anordnung so getroffen, dass der Apparat sich wie ein gewöhnliches Sprechtelephon benutzen lässt. Zwei solche Telephone nebst dem vorher beschriebenen Condensator und zwei bis drei Leclanché-Elemente sind für den vollständigen telephonischen Betrieb zwischen zwei Stationen nach diesem Systeme ausreichend.

Um der vibrirenden Platte *c c* eine möglichst freie, durch Luftstauungen über und unter der Platte nicht behinderte Beweglichkeit zu geben, sind seitliche Oeffnungen in der Seitenwand der Senderbüchse angebracht. Mittelst der Schraube v und der beweglichen, mittelst der Feder *f* niedergedrückten Traverse *h* lässt sich der Berührungsdruck der Kohlenstifte $k k_1$ reguliren. Mittelst den links in Fig. 18 angebrachten fünf Schraubenklemmen lässt sich der Apparat in verschiedener Weise benutzen.

III.
Das magnetelektrische Telephon.

Die Schallwellen, welche an die Pergamentmembran einer kleinen Trommel anprallen, können auf die Pergamentmembran einer zweiten ähnlichen kleinen Trommel übertragen werden, wenn die Mittelpunkte der beiden Membranen durch einen straff ausgespannten Faden verbunden sind. Werden vor der einen dieser beiden verbundenen Membranen scharf accentuirte Worte ausgesprochen, so werden dieselben, auch wenn der Faden über 100 M. lang ist, mit dem dicht an die andere Membran gebrachten Ohr deutlich vernommen werden. Man kann diesen einfachen, bereits vor mehr als zweihundert Jahren bekannten Apparat als ein Fadentelephon bezeichnen und es bietet derselbe in gewisser Beziehung ein Analogon zu dem magnetelektrischen Telephon, zu dessen Beschreibung wir nun übergehen.

Das Princip, welches dem Fadentelephon zu Grunde liegt, beruht in der Thatsache, dass das gesprochene Wort — der articulirte Schall — nichts weiter ist, als eine Resultante von Schallwellen, welche bezüglich der Bedingungen ihrer Fortpflanzung denselben Gesetzen unterworfen ist, nach denen im Allgemeinen die Fortpflanzung des Schalles vor sich geht.

Bei dem Fadentelephon erfolgt die Uebertragung der Schallwellen von dem einen Trommelfelle des Apparates zu dessen anderen Trommelfelle durch einen dazwischen eingeschalteten festen Körper. Es ist eine bekannte Thatsache, dass feste Körper zur Uebertragung von Schallwellen sehr geeignet sind.

Das Fadentelephon galt nur als eine Spielerei und wirklich ist demselben kaum ein praktischer Werth beizumessen, jedoch ist die damit verknüpfte Erscheinung äusserst interessant. Bevor die Mittel und Wege gefunden wurden, jenes Telephon zu einem praktisch brauchbaren Apparate umzugestalten, musste im Gebiete der Naturwissenschaften noch mancher Schritt vorwärts gethan werden.

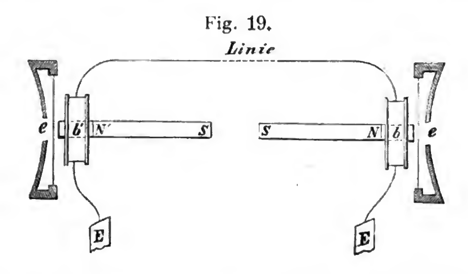
Einige der zu diesem Zwecke geeigneten, wenn auch noch sehr unvollkommenen Mittel haben wir bereits im vorigen Abschnitte kennen gelernt. Wir führten dort an, dass mit dem Reis'schen Telephon gewisse, für die Art der dabei vorkommenden Schallwellen-Uebertragung besonders geeignete Worte in der That übertragen werden konnten; der Apparat war jedoch für die deutliche Uebertragung der Rede im Allgemeinen keineswegs geeignet, denn man kann mit demselben zwar die Höhe, nicht aber die Stärke und Klangfarbe der Schalle wiedergeben; ausserdem haben die damit zu reproducirenden Worte einen rauhen und näselnden Klang, der von der Art und Weise der Reproduction herrührt.

Es war im Jahre 1876 bei Gelegenheit der Weltausstellung in Philadelphia, als ein wirkliches Telephon, d. i. ein Instrument, mit welchem sich der Schall nicht nur nach seiner Höhe, sondern auch nach seiner Stärke und Klangfarbe wiedergeben und eine sprachliche Unterhaltung auf meilenweite Distanzen ausführen liess, von dem in Amerika lebenden Schotten Graham Bell der erstaunten Welt vorgeführt wurde.

Das Bell'sche Telephon beruht auf einem ganz anderen Princip als das Reis'sche und ist als eine durchaus originelle Erfindung zu betrachten.

Fig. 19 illustrirt die Anordnung einer Bell'schen Telephonanlage. Der Uebertrager *(transmitter)* oder Sender und der Empfänger *(receiver)* oder Geber sind von ganz gleicher Construction und in jeder Beziehung identische Instrumente. Beide Instrumente sind in beliebiger (selbstverständlich innerhalb gewisser Grenzen beliebiger) Entfernung einander gegenüber gestellt und durch einen Stromkreis miteinander verbunden. Der eine Theil des Stromkreises wird durch einen isolirten Draht (die Linie), der andere Theil durch irgend einen

Fig. 19.



Leiter, zu welchem man auch die Erde benutzen kann und der zur Rückleitung des Stromes dient, gebildet. Die Membran oder das Diaphragma des Instrumentes besteht aus einer dünnen elastischen Eisen- oder Stahlplatte, vor welcher sich der Schalltrichter *e* befindet; hinter dem Diaphragma, d. i. im Innern des von einem Gehäuse umgebenen Apparates, befindet sich der Magnetstab *N S*, von welchem der eine Pol ganz dicht an der das Diaphragma bildenden Eisenplatte angebracht ist, jedoch ohne dieselbe zu berühren, selbst wenn sie eine gewisse Einbiegung erleidet. Auf dem Magnetstabe sitzt die aus feinem übersponnenen Kupferdrahte gebildete Induc-

tionsrolle *b*, deren beide Enden mit den Leitungsdrähten verbunden sind. Wird in den Schalltrichter des einen Instrumentes, welches in diesem Moment den Sender bildet, gesprochen, oder irgend welcher Ton eingeführt, so wird das Diaphragma in entsprechende Schwingungen (Oscillationen oder Vibrationen) versetzt. In Folge dieser Schwingungen nähert und entfernt sich das Diaphragma abwechselnd dem Magnetpole. Bei jeder Annäherung des Diaphragmas wird die magnetische Kraft des Poles verstärkt und in der Drahtrolle oder Spirale *b* ein momentan auftretender elektrischer Strom erregt, der entgegengesetzt zu dem Strome gerichtet ist, welcher die Drahtrolle durchlaufen müsste, wenn in einem anstatt des Magnets in der Drahtrolle steckenden Eisenstabe dieselbe Magnetisirung mit Bezug auf die Polstellung hervorgerufen werden sollte.

Bei jeder Entfernung des schwingenden Diaphragmas von dem Magnetpole wird die magnetische Kraft des Poles geschwächt und die Drahtrolle wird in Folge dessen von einem directen Strome durchlaufen. Je kräftiger die Schwingungen des Diaphragmas sind, desto stärkere Ströme werden erzeugt, aber stets entspricht die Zahl dieser Ströme der Schwingungszahl des Diaphragmas. Der Stromkreis wird daher von einer Reihenfolge abwechselnd nach der einen oder anderen Seite gerichteter Ströme durchlaufen, die ohne Unterbrechung als momentane Impulse aufeinander folgen, so dass in der Leitung der Linie fortwährend eine elektrische Wellenbewegung vorhanden ist, die sich bis in die Drahtrolle des mit dem erregenden Sender zu einem telephonischen System verbundenen Gebers fortpflanzt.

Diese in die Drahtrolle des Gebers gesendeten Stromwellen erregen den in dieser Rolle befindlichen

Magnet, indem sie je nach ihrer Richtung dessen magnetische Kraft verstärken oder schwächen, so dass der gegen das Diaphragma des Gebers gerichtete Pol das Diaphragma anzieht, oder — in Folge von dessen Elasticität — dasselbe wieder zurückschnellen lässt. Auf diese Weise schwingt die Eisenplatte des Gebers unisono mit der Eisenplatte des Senders. Die Schwingungen der Geberplatte versetzen aber die umgebende Luft in analoge Schwingungen und diese aus dem Schalltrichter des Gebers in das Ohr der hörenden Person eindringenden Luftwellen rufen — als wirkliche Schallwellen — im Gehörorgane den Eindruck der den Sender erregenden Schallwellen hervor, nur dass in Folge der unvermeidlichen Effectverluste die Intensität mehr oder minder geschwächt wird.

Es fragt sich aber immer noch, welches die eigentliche Ursache der Wiedererzeugung der Worte, Töne und Klänge durch den telephonischen Empfangsapparat oder Geber ist.

Die Beantwortung dieser Frage hat die Specialisten in zwei Parteien geschieden. An der Spitze der einen steht der französische Elektrotechniker Graf du Moncel, an der Spitze der anderen der belgische Genie-Oberst M. Navez.

Wir wollen in Kürze diese beiden verschiedenen Ansichten besprechen.

Im Allgemeinen kommt eine auf einen Körper ausgeübte Kraft nicht vollständig in der Massenbewegung dieses Körpers zur Geltung, sondern ein beträchtlicher Theil davon wird durch die unendlich kleinen Bewegungen absorbirt, welche die den Körper bildenden unendlich kleinen Theilchen in Folge jener Kraftwirkung annehmen.

Bei der telephonischen Kraftübertragung kann die Kraft, welche durch die Veränderungen des Magnetismus entsteht, sowohl in dem Magnet des Gebers, als auch

6*

in der vor dessen Pol befindlichen Eisenplatte nicht nur eine in Transversal-Schwingungen sich äussernde Massenbewegung und damit eine abwechselnde beiderseitige Annäherung und Entfernung, sondern auch eine Molecularbewegung hervorrufen.

Es fragt sich nun, welche von diesen beiden Schwingungsarten bei der telephonischen Reproduction in Wirksamkeit oder vielleicht in überwiegende Wirksamkeit tritt.

Du Moncel behauptet, dass dieser Effect den Molecular-Schwingungen zuzuschreiben sei, während Navez sich für die Annahme entscheidet, dass die Ursache in den Transversal-Schwingungen liege. Du Moncel bringt die folgenden Gründe für seine Ansicht vor:

Man kann Töne, Klänge und selbst Worte durch einen telephonischen Geber reproduciren, der gar kein schwingendes Diaphragma, sondern nur einen magnetischen Kern enthält. Alle Theile des Gebers, sein Gehäuse ebenso wie das Diaphragma, wirken bei der Schallwellen-Reproduction mit, wie dies experimentell durch Bréguet nachgewiesen worden ist, welcher durch mechanisch wirkende Fadentelephone das Ohr mit den verschiedenen Theilen eines telephonischen Gebers verband.

Ferner wurde anstatt der zu Schwingungen geneigten dünnen Eisenplatte eine starke Platte eingesetzt, von welcher man nicht annehmen konnte, dass sie unter dem Einflusse der im magnetischen Kerne des Telephons stattfindenden immerhin relativ schwachen magnetischen Variationen in hin- und hergehende Schwingungen gerathe. Man kann sogar auch Töne und Worte ohne jeden elektromagnetischen Apparat übertragen, wie dies ja bei dem Fadentelephon der Fall ist.

Dagegen hat Oberst Navez das Folgende eingewendet:

Zugegeben, dass man Gesang und Rede ohne Einschaltung einer magnetischen Platte zu übertragen vermag, so ist dies doch noch kein Beweis dafür, dass bei dem Vorhandensein dieser Platte dieselbe nicht zu Transversal-Schwingungen veranlasst werde. Wohl aber lehrt die Erfahrung, dass beim Fehlen der Platte der Schall bedeutend schwächer reproducirt wird und ferner hat sich dieselbe Abschwächung des Schalles auch gezeigt, wenn man den Magnetpol mit der Platte in Berührung bringt, so dass die letztere an den Transversal-Schwingungen gehindert wird. Es dürften diese Thatsachen unzweifelhaft zu Gunsten der Annahme von Transversal-Schwingungen der Platte sprechen. Aber es fällt für diese Annahme auch noch ein anderer Grund bedeutend in's Gewicht.

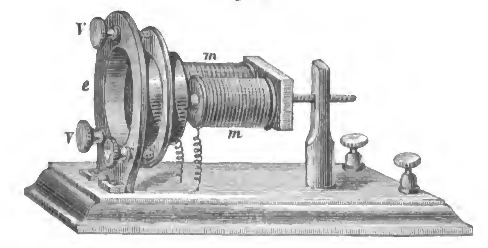
Allerseits wird zugegeben, dass die Eisenplatte des Senders durch die anprallenden Schallwellen wirklich in Transversal-Schwingungen versetzt werde. Diese einfache Thatsache führt zu der logischen Schlussfolgerung, dass die Platte des mit dem Sender identischen Gebers ebenfalls solche Schwingungen ausführen muss. In der That ist gegenwärtig in der Physik, besonders mit Bezug auf Magnetismus und Elektricität, das Princip der Reversibilität oder Umkehrbarkeit zwischen Ursache und Wirkung im Auftreten dieser Erscheinungen allgemein anerkannt.

Wenn also der durch die Drahtwindungen eines Elektromagnets gesendete elektrische Strom im Eisenkerne des Magnets den Magnetismus entwickelt, so ist man zu dem Schlusse berechtigt, dass der entwickelte Magnetismus umgekehrt in den Drahtwindungen Elektricität erregen wird, was ja auch nachweisbar geschieht. Bei der galvanischen Elektricität wird die Elektricitätsentwicklung chemischen Wirkungen zugeschrieben; dies führt zur Annahme,

dass umgekehrt der elektrische Strom im Stande ist, Körper zu zersetzen und somit ist die Elektrolyse aller zusammengesetzten Körper zur Thatsache erhoben.

Mit Bezug auf andere physikalische Erscheinungen ist daran zu erinnern, dass die Wärme sich in mechanische Arbeit und mechanische Arbeit in Wärme umsetzen lässt, wodurch auch hier das Princip der Reversibilität zum Ausdrucke gelangt. Mit grösster Wahrscheinlichkeit ist also — so deducirt M. Navez weiter — dieses Princip auch für das Bell'sche Telephon giltig, und zwar in der folgenden Weise:

Fig. 20.



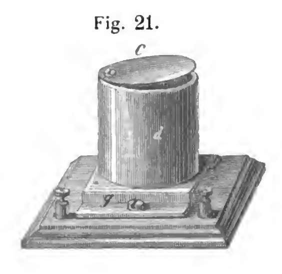
Die Schallschwingungen rufen Transversal-Schwingungen des Diaphragmas im telephonischen Sender hervor. Bei seinen hin- und hergehenden Bewegungen verstärkt oder vermindert dieses Diaphragma den Magnetismus im Magnet des Telephons; durch jede Veränderung des Magnetismus entsteht in der Drahtspule des Magnets ein elektrischer Stoss, welcher sich bis zur Drahtspule des telephonischen Gebers fortpflanzt. In dem Geber folgen nun die Wirkungen in umgekehrter Ordnung; sie können aber nicht anderer Natur sein, weil die beiden telephonischen Instrumente in ihrer Construction identisch sind.

Der elektrische Strom, der in die Drahtspule des Gebers eintritt, modificirt den Magnetismus des Magnets; der letztere wirkt in Folge dessen mehr oder minder kräftig auf das als Anker dienende vibrirende Diaphragma und zieht dieses mehr oder minder an, so dass dasselbe zu einer hin- und hergehenden Bewegung veranlasst wird, welche den Diaphragma-Schwingungen des Senders analog vor sich geht.

Graham Bell selbst erklärt die Wirkung seines Telephons auf diese Weise.

Wir gehen nun zur näheren Besprechung der Bell'schen Erfindung über.

Fig. 21.



Zuerst benutzte Bell ebenfalls, in ähnlicher Weise wie Reis, Batterieströme; später aber brachte er Inductionsströme zur Anwendung. Bei seinem im Jahre 1876 construirten Apparate war der Sender wie in Fig. 20 und der Geber wie in Fig. 21 dargestellt ist, construirt.

Der Sender Fig. 20 bestand aus einem horizontalen Magnet-Inductor *m m*, d. i. aus einem zweischenkeligen permanenten Magnet, dessen Schenkel mit Inductionsrollen umgeben sind. Dieser Magnet wird mittelst einer Schraube von einer Holzsäule getragen, die auf einer hölzernen Grundplatte steht. Vor dem Magnet-Inductor ist auf der Grundplatte vertical ein metallener Ring befestigt, in welchem mittelst Schrauben v v trommelfellartig eine elastische Membran (ein Diaphragma) aus Pergamentpapier gespannt ist. In der Mitte dieses Trommelfelles befindet sich ein Scheibchen aus weichem Eisen auf-

gekittet, welches, sobald die Membran durch die anprallenden Schallwellen in Vibrationen versetzt wird, vor den Polen des Magnet-Inductors ebenfalls vibrirt. Die beiden Enden des die Magnetschenkel umgebenden Drahtes stehen mit zwei auf der Grundplatte angebrachten Schraubenklemmen in Verbindung, welche zur Aufnahme des nach dem Geber führenden Leitungsdrahtes dienen.

Der in Fig. 21 abgebildete Geber besteht aus einem röhrenförmigen Magnet, der durch einen verticalen Eisenstab gebildet wird, welcher — in ähnlicher Weise wie der Magnet des Senders — mit isolirtem Drahte umwunden ist und von einem kurzen verticalen Rohre *d* aus weichem Eisen umgeben wird. Dieses Gehäuse hält den Magnetismus gewissermassen zusammen und verstärkt dadurch die Anziehungskraft des Magnets. An dem Gehäuse *d* ist mittelst einer Schraube eine Scheibe *c* aus dünnem Eisenblech befestigt, welche den Anker des Magnets bildet. Unter dem Einflusse der vom Sender ausgehenden elektrischen Stromwellen wirkt dieser Anker theils als Vibrator, theils als Resonator. Der Magnet *a* mit seinem Anker *c* ist auf einem Resonanzboden *g* angebracht, welcher auf einer hölzernen Grundplatte befestigt ist.

Dieser Apparat wirkt auf folgende Weise:

Sobald ein Ton oder ein Wort in die Mündung des Senders (Fig. 20) hineinschallt, wird dessen Membran in entsprechende Schwingungen versetzt und mit ihr schwingt auch die darauf sitzende Eisenscheibe vor den Magnetpolen, wobei dieses Eisenstück sich rasch hintereinander den Polen nähert und davon entfernt. Das schwingende Eisenplättchen ruft aber in entsprechend rascher Folge eine Reihe magnetelektrischer Ströme in den Drahtrollen *m m* des Magnet-Inductors hervor und diese Ströme werden

durch den Leitungsdraht nach dem Geber (Fig. 21) geführt. Es werden daher in dem papierstarken Eisenanker *c* des Röhrenmagnets *d* durch die wechselnde Anziehungskraft des Magnets entsprechende Vibrationen hervorgerufen, welche wiederum in der umgebenden Luft Schallwellen erzeugen, die denen analog sind, welche die Membran des Senders in Schwingungen versetzten und die somit die auf den Sender übertragenen Töne oder Worte bestimmt und deutlich wiedergeben.

Resumiren wir nochmals den Unterschied, welcher zwischen dem Reis'schen und dem Bell'schen Telephon besteht, so ergiebt sich Folgendes:

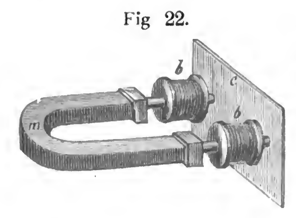
Bei dem Reis'schen Telephon wurden die Schallvibrationen durch das Spiel eines Stromunterbrechungs-Apparates (Interruptors) in die elektrische Leitung übertragen, so dass die Zahl der Vibrationen pro Secunde und die Zeitmasse genau übertragen wurden, wogegen keine Veränderungen in der Stromstärke stattfanden, welche letzteren Veränderungen allein eine Veränderung in der Tonstärke und Tonfarbe zu bewirken vermögen. Dieser Mangel verhindert zwar nicht die Uebertragung rein musikalischer Töne, aber die complicirten Veränderungen, welche die Variationen der Tonstärke und die Klangfarbe der menschlichen Stimme beim Sprechen charakterisiren, können nimmermehr durch den einfachen Isochronismus der vibrirenden Impulse wiedergegeben werden.

Im Bell'schen Telephon sind dagegen nicht allein die Vibrationen des Gebers isochron mit den Vibrationen der Sendermembran, sondern sie sind auch in ihrer Qualität dem Schalle ähnlich, der sie erzeugt, denn die elektrischen Ströme werden durch einen Inductor her-

vorgerufen, welcher mit der Stimme vibrirt, und die Unterschiede in der Kraft der Impulsionen, sowie ein articulirter Laut, der Schall der Stimme einer sprechenden Person, wird auf diese Weise am anderen Ende des elektrischen Leiters nicht nur mit voller Deutlichkeit, sondern auch mit der individuellen Klangfarbe wiedergegeben.

Später benutzte Bell als Sender einen möglichst kräftigen Magnet, der nach Jamin's Princip aus einer Anzahl dünner, hufeisenförmiger Stahllamellen zusammengesetzt war, wie Fig. 22 illustrirt.

Fig 22.



An jedem Pole dieses Magnets ist mittelst einer Art Kapsel ein kurzes Stäbchen aus weichem Eisen (ein Polschuh) aufgesetzt, auf welchen die Inductionsrollen *b b* Platz finden. Vor den so gebildeten Magnetpolen ist die dünne vibrationsfähige Eisenplatte *c* angebracht. Dieser Apparat war von sehr kräftiger Wirkung; mit demselben wurden im Februar 1877 zwischen Boston und Malden auf der 9·6 Km. langen Privattelegraphenlinie der Boston-Gummischuh-Compagnie von Bell Versuche angestellt. Die in Malden mit lauter Stimme gesprochenen Worte konnten zu Boston in einem Saale von einer zahlreichen Versammlung deutlich verstanden werden und es liessen sich die Stimmen verschiedener Personen unterscheiden. Auch auf der 230 Km. langen Linie Boston-Salem-North-Conway wurde mit diesem Telephon gesprochen. Ein Auditorium von 600 Personen, welches zu Salem (in Massachusetts) im Concerthause versammelt war,

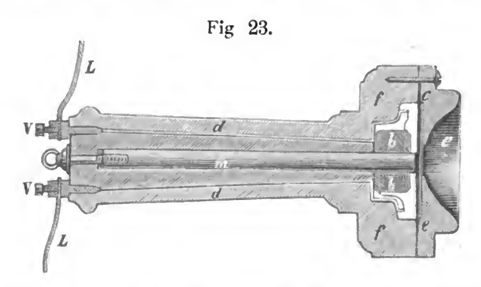
konnte die in Boston gesprochenen Worte vernehmen, jedoch wurde die telephonische Sprache in einer Entfernung von über 2 Meilen undeutlich.

Bell machte auch zuerst darauf aufmerksam, dass man mehrere Telephone in dieselbe Leitung einschalten und gleichzeitig mehrere Telegramme befördern kann. Nach seinem Vorschlage soll man für jeden Apparat eine bestimmte Tonhöhe wählen, so dass der Empfänger nur auf den für ihn bestimmten und ihm bereits bekannten Ton zu achten hat, um unter den gleichzeitig ankommenden Telegrammen das seinige herauszufinden. Es ist jedoch bei einer grösseren Anzahl gleichzeitig ankommender Telegramme bequemer und sicherer, wenn man nach dem früher besprochenen Varley'schen Princip Resonatoren anwendet, welche automatisch die Telegramme aufnehmen, aber nur auf diejenigen Töne ansprechen, die für ihre Membran bestimmt sind. Durch die Schwingung der Membran kann alsdann ein Stromunterbrecher (Interruptor) und durch diesen ein Morse-Klopfer oder Schreib-Apparat in Thätigkeit gebracht werden.

Späterhin hat Bell sein Telephon noch mehr vereinfacht, wie Fig. 23 im Durchschnitt, in halber wirklicher Grösse, darstellt. Der ganze Apparat ist in ein kleines hölzernes, bequem zu handhabendes Gehäuse eingeschlossen, das vorn in eine kreisrunde Büchse *f* endet, welche durch die dünne Eisenmembran *c* geschlossen und auf welche mittelst Schrauben der Schalltrichter *e* aufgesetzt ist. Innerhalb des stielförmigen Theiles des Gehäuses befindet sich der cylindrische Magnetstab *m*, der am hinteren Ende mit einer Schraube versehen ist, mittelst welcher man das vordere, den wirksamen Pol bildende Ende des Stabes der Membran *c* bis auf die

passendste Distanz nähern kann. Auf dem vorderen freien Ende des Magnetstabes *m* sitzt die Drahtrolle *b*, auf welcher ein circa 58 M. langer, mit Seide übersponnener feiner Kupferdraht (Nr. 38 der Birminghamer Drahtlehre) gewunden ist. Nach Garnier und Pollard soll man die Maximalwirkung mit Draht Nr. 42 erhalten. Der französische Elektriker Maiche zieht dagegen vor, dicken Draht zu dieser Inductionsrolle zu verwenden; jedenfalls ist aber die Dicke und Länge dieses Drahtes von dem Widerstande im Stromkreise und von der Natur der

Fig 23.



übertragenen elektrischen Ströme abhängig. Die Enden des Spulendrahtes sind mit zwei durch das Gehäuse hindurch gehenden Kupferstäben *d d* verbunden, welche am hinteren Ende mit den Klemmschrauben v v in Verbindung stehen, mit denen wiederum die Leitungsdrähte verbunden sind.

Um das Telephon für den Handgebrauch bequemer einzurichten, hat man die Klemmschrauben weggelassen und statt dessen zwei zu einer Schnur zusammengedrehte Leitungsdrähte durch die centrale Oeffnung eines auf das hintere Ende des Gehäuses aufgeschraubten Deckels eingeführt. Im Innern des Gehäuses sind die beiden

Drähte dieser Schnur mit je einer der erwähnten Kupferstangen *d d* verbunden und an den äusseren Enden der Schnurdrähte werden die Leitungsdrähte befestigt.

Fig. 24 stellt ein in dieser Weise construirtes Telephon dar.

Um das gewöhnliche Bell'sche Telephon zu benutzen, ist es nöthig, recht deutlich accentuirt vor dem Schalltrichter des Senders zu sprechen, während der Hörer an der anderen Station sein Ohr dicht an den Schalltrichter des Gebers anlegt. Diese beiden Apparate bilden mit den beiden sie vereinigenden Drähten einen geschlossenen Stromkreis. Es genügt jedoch, wie schon früher bemerkt wurde, auch schon ein einziger Draht, wenn dafür gesorgt ist, dass die Apparate leitend mit der Erde verbunden sind, indem alsdann, ganz so wie bei den Telegraphenleitungen, die Rückleitung des Stromes durch die Erde erfolgt und demnach die Erde einen Theil des Stromkreises bildet. Bei nicht zu langen Leitungen, etwa bis zu 70 Mtr., soll durch die Erdleitung die Wirkung der Telephone beträchtlich verstärkt werden.

Fig. 24.



In der Praxis ist es zu empfehlen, an jeder Station zwei Telephone zur Verfügung zu haben, damit man gleichzeitig das eine an das Ohr anlegt und in das andere spricht. Auch hört man viel besser, wenn man an jedes Ohr ein Telephon hält.

Uebrigens zeigen sich in der telephonischen Uebertragung mit Bezug auf verschiedene Stimmen bedeutende

Unterschiede. Es trägt durchaus nicht zur grösseren Verständlichkeit bei, wenn man in das Telephon hinein schreit, sondern man muss, um deutlich verstanden zu werden, mit klarer Betonung und bestimmter Aussprache sprechen. Ein gewisser singender Tonfall der Sprache trägt besonders zur deutlichen Wiedergabe der Worte bei.

Für nicht zu grosse Entfernungen braucht erfahrungsmässig der telephonische Leitungsdraht nicht isolirt zu sein. So fand Rollo Russel bei einem Versuche mit einem 418 Mtr. langen nackten Kupferdrahte, der einfach auf den Rasen eines Grasplatzes gelegt war, dass die Melodie einer kleinen Spieldose deutlich durch das Telephon übertragen wurde. Bedingung ist natürlich, dass die Drähte einander nicht berühren, und dass die Auflage trocken ist. Bei sehr kurzen Leitungen schadet aber sogar die Feuchtigkeit nicht; so erhält man durch einen 40 M. langen, in feuchte Erde gegebenen Draht noch eine deutliche Uebertragung von Worten und diese Uebertragung fand sogar auch dann statt, wenn der Draht direct in Wasser eingelegt war.

Man kann auch mit einer Drahtleitung mehrere telephonische Geber durch kurze Zweigdrähte verbinden und so bewirken, dass fünf bis sechs Personen gleichzeitig die von einem einzigen Sender ausgehenden Telegramme hören. Ferner kann man die Uebertragung auch dadurch mehreren Personen gleichzeitig hörbar machen, wenn man als Geber ein kleines Resonanzkästchen benutzt, das mit zwei Membranen geschlossen ist, von denen das eine über der vibrirenden Platte sich befindet. Lässt man von diesen Kästchen mehrere akustische Röhren ausgehen, so können mehrere Personen gleichzeitig die telephonische Reproduction deutlich vernehmen.

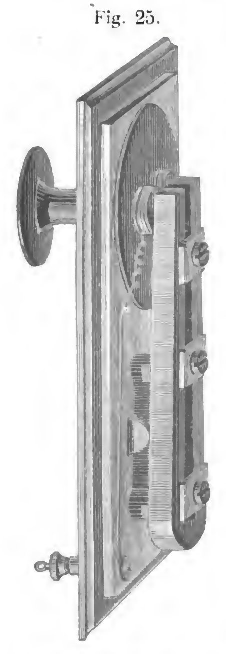
Die gleichzeitige mehrfache Uebertragung durch Telephone kann man auch dadurch bewerkstelligen, dass man dieselben in gewissen Zwischenräumen mit einem Leitungsdrahte verbindet. Versuche, welche man in New-York anstellte, haben gezeigt, dass auf diese Weise durch fünf in verschiedenen Punkten eines Leitungsdrahtes eingeschaltete Telephone gesprochen werden kann. Bei anderen Versuchen, die in Frankreich mit einer 12 Km. langen Leitung angestellt wurden, hatte man in verschiedenen Distanzen mit diesem Drahte Telephone verbunden und liess drei oder vier Personen durch dieselben miteinander eine Unterhaltung anknüpfen. Hierbei konnte jede dieser Personen hören, was die übrigen sprachen. Die sich durchkreuzenden Fragen und Antworten waren gut vernehmlich. Selbst dann, als man ein Telephon mit einem anderen 10 Km. langen Drahte verbunden hatte, der in 50 Cm. Entfernung auf nur 2 Km. seiner ganzen Länge mit dem ersten parallel lief, konnte man die durch den ersten Draht stattfindende Conversation hören und auch noch sehr gut die Stimmen an ihren Klangfarben unterscheiden.

Seit der Einführung des Telephons in Europa haben viele Erfinder sich damit beschäftigt, ein Telephon in der Weise herzustellen, dass dessen Reproductionen an den verschiedenen Stellen eines grossen Saales gehört werden können. Schon Bell hatte dies Resultat mit einem Apparate erreicht, der nach dem in Fig. 22 auf S. 90 abgebildeten Principe construirt war, aber seitdem hat man den telephonischen Apparat vervollkommnet und will noch bessere Resultate erhalten haben. So viel ist wenigstens gewiss, dass ein gewöhnliches gut construirtes Telephon musikalische Töne so laut zu übertragen ver-

mag, dass dieselben in einem grösseren Zimmer auch an der entferntesten Stelle gehört werden können.

Fig. 25 stellt eine andere Anordnung dar, welche Bell zur Herstellung eines besonders kräftig wirkenden Telephons wählte. Auch hierbei ist ein Hufeisenmagnet angewendet, dessen Pole gleichzeitig auf das vibrirende Diaphragma wirken. Der ganze Apparat ist auf dem Deckel eines an der Wand befestigten Kästchens angebracht. Das Diaphragma (d. i. die Membran) ist mit acht bis zehn Schrauben am Umfange hinter einer kreisrunden Oeffnung des Kastendeckels befestigt, und zwar in der Weise, dass sich zwischen dem Deckel und der Membran eine kreisrunde Aushöhlung befindet, so dass die Membran bei ihren Vibrationen den Deckel nicht berührt, sondern ganz frei schwingen kann.

Fig. 25.



Es hat sich jedoch herausgestellt, dass man diese Höhlung so flach als möglich herstellen muss, weil, wenn dieselbe mehr Raum bietet als unbedingt nöthig ist, in Folge der entstehenden Resonanz das Hören bedeutend gestört wird.

Die Pole des Magnets sind mit rechtwinkelig darauf geschraubten Eisenstäbchen versehen, auf denen die Inductionsrollen sitzen, welche hinter der Membran in

deren Mitte möglichst dicht anliegen, ohne aber die Membran zu berühren. Um die Pole des Magnets gegen die Membran richtig einstellen zu können, ist der Magnet nach unten auf zwei halbrunde Vorsprünge des Kastendeckels aufgelegt, so dass es möglich wird, durch entsprechendes Lösen und Anziehen der denselben festhaltenden Schrauben die Pole der Membran mehr oder weniger nahe zu bringen. Die günstigste Dicke der Membran beträgt 0·4 bis 0·8 Mm.

In einem sehr kurzen Stromkreise scheint dieses Telephon das gewöhnliche Handtelephon keineswegs zu übertreffen; ja sogar hinter dessen Leistungen zurückzubleiben, indem die Reproduction der Worte weniger laut ist. Wenn aber die Entfernung gross ist, so zeigt dieser Apparat deutlich seine Ueberlegenheit; ausserdem scheint derselbe äusseren störenden Einwirkungen weniger ausgesetzt zu sein als das gewöhnliche Telephon, auch giebt er den Klang der Stimme deutlicher wieder.

Von dem französischen Elektriker Niaudet ist dieses Instrument dadurch modificirt worden, dass der Genannte auf den beiden Magnetpolen anstatt zwei Drahtspulen deren vier aufsetzte, so dass dieselben im Quadrat um den Mittelpunkt der Membran herumstehen. Bei dieser Anordnung soll der Apparat noch kräftiger wirken, indem besonders die vom Sender erzeugten und dem Geber zugesendeten Inductionsströme stärker sind.

Der vor der Membran befindliche Schalltrichter darf nicht durch ein zu kurzes Rohr mit dem Apparat verbunden werden, weil sonst die Reproduction weniger deutlich hörbar ist.

Von dem in Fig. 22 abgebildeten Bell'schen Instrument unterscheidet sich das in Fig. 25 abgebildete nur

durch die Stellung der Inductionsrollen zu den Magnetpolen. Unzweifelhaft ist die letztere Anordnung bequemer.

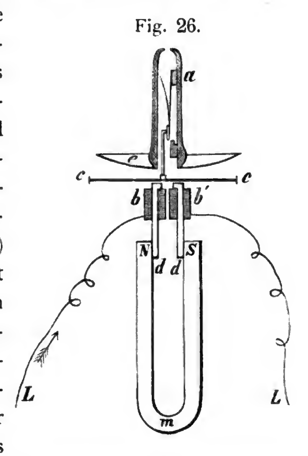
Die Wirksamkeit eines Bell'schen Telephons hängt ganz besonders von der richtigen Regulirung ab, und zwar muss diese Regulirung sich nach den Verhältnissen der Leitung richten. Hieraus ist erklärlich, weshalb zuweilen ein unter gewissen Umständen sehr gut arbeitendes Telephon unter anderen Umständen seinen Dienst sehr ungenügend verrichtet oder vielleicht ganz versagt.

Die gewöhnlichen Telephone sind mit einer Regulirungsschraube versehen, welche man mit einem Schraubenzieher oder Schlüssel umzudrehen hat, ohne dabei recht zu wissen, wie man daran ist. So kommt es sehr leicht vor, dass man den Magnet gegen die Metallmembran presst und dieselbe ruinirt. Derartige Uebelstände werden vermieden, wenn die Regulirungsschraube einen gerändelten Kopf und einen Zeiger hat, der sich auf einer graduirten Scheibe bewegt, welche mit gleichweiten Theilstrichen versehen ist, die numerirt sind, so dass man die Drehung der Schraube und deren Einstellung genau verfolgen kann. Auf diese Weise lässt sich ein Telephon leicht so einstellen, dass es seine grösste Wirkung erreicht. Am besten ist es, zum Sprechen und Hören je ein besonderes Telephon zu benutzen, das für seinen speciellen Dienst regulirt ist. Soll ein Telephon abwechselnd zum Sprechen und Hören dienen, so muss man für beide Zwecke auf die Maximalleistung verzichten, indem man der Regulirungsschraube eine mittlere Stellung giebt.

Wir gehen nunmehr zur Beschreibung einer Reihe von Modificationen über, in denen gegenwärtig das Bell'sche Telephon ausgeführt wird.

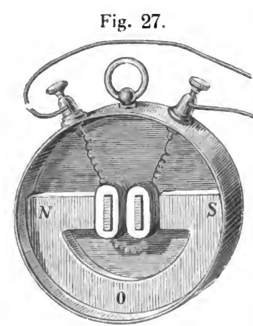
Siemens. — Diese Telephonconstruction, welche mit zu den besten gehört, zeichnet sich dadurch aus, dass das Telephon selbst als Anrufer benutzt werden kann. Die Anordnung der einzelnen Theile des Instruments bietet zwar nichts Neues, dennoch ist dasselbe aber durch seine kräftige Reproduction ausgezeichnet, so dass es besonders für militärische Zwecke und in der Marine benutzt wird. Die äussere Form dieses Telephons ist ähnlich der des Bell'schen, das ganze Instrument ist aber grösser und schwerer, was durch die Anwendung eines in dem Gehäuse eingeschlossenen Hufeisenmagnets *m* (Fig. 26) bedingt ist. Dieser Magnet ist mit den seitlich nach innen an den Hauptpolen *N S* befestigten Polstangen *d d* versehen, auf welchen die Inductionsrollen *b b* sitzen. Der Magnet kann mittelst eines kleinen — in der Abbildung weggelassenen — Excenters gegen die Membran *c c* verstellt und dadurch die Regulirung des Instruments auf bequeme Weise vollzogen werden. Die Polstangen *d d* sind an den oberen Enden rechtwinkelig umgebogen, wodurch ihre Polflächen etwas vergrössert werden. Die von den Inductionsrollen ausgehenden Drähte sind mit seitlichen, in der Abbildung ebenfalls weggelassenen Schraubenklemmen verbunden, in denen die Leitungsdrähte eingespannt sind.

Fig. 26.



Der Anruf-Apparat besteht aus einer auf die Oeffnung des Schalltrichters *e* aufgeschraubten Zungenpfeife *a*, die so eingerichtet ist, dass eine mit der Zunge verbundene kleine Stange sich gegen die Membran stützt. Will man anrufen, so bläst man in die Pfeife; alsdann werden die Vibrationen der Zunge der Membran mitgetheilt und somit genügend starke Inductionsströme in die Leitung gesendet, durch welche die Membran des Gebers in entsprechende Schwingungen versetzt wird, so dass sie einen lauten Ton von sich giebt. Will man alsdann in das Instrument sprechen, so schraubt man die Pfeife ab und erhält dadurch ein ausgezeichnet wirkendes gewöhnliches Telephon. Gewöhnlich ist das Gehäuse dieses Telephons mit einer kleinen runden Standplatte versehen, in welche sich der bogenförmige Theil des Elektromagnets einlegt und auf welcher man das Instrument aufstellen kann.

Fig. 27.



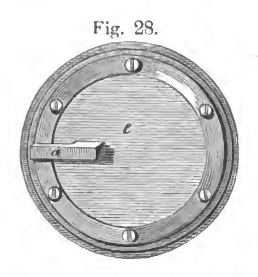
Dieses Telephon giebt die Worte so laut und deutlich wieder, dass man dieselben schon aus einiger Entfernung verstehen kann. Auch beim Sprechen kann man dieses Telephon bis auf 1 Mtr. Distanz vom Munde halten.

Gower. — Dieses vom Amerikaner F. A. Gower, einem früheren Mitarbeiter Bell's, erfundene Telephon erregte seinerzeit grosse Aufmerksamkeit wegen seiner kräftigen Wiedergabe der Worte, welche in einem grösseren Umkreise noch hörbar sind. Es leidet dieses Instrument jedoch an dem Uebelstande zu grosser Empfindlichkeit,

so dass es leicht versagt und es nur ausnahmsweise gelingt, die volle Wirkungsfähigkeit auf die Dauer zu erhalten. Auch sind die mit diesem Apparat reproducirten Schallwirkungen zwar lauter, aber weniger deutlich als mit Telephonen anderer guten Systeme und sie haben einen sehr zur Geltung kommenden unangenehmen metallischen Klang.

Wie man aus Fig. 27 ersieht, wo das Innere des Instumentes dargestellt ist, hat der Magnet *N O S* eine halbkreisförmige Gestalt, seine Pole *N S* sind diametral nach der Mitte gerichtet und dann wiederum senkrecht zur Ebene des Magnets umgebogen und an den so hervorragenden Polenden mit den ovalen Inductionsrollen versehen. Der so hergestellte Magnet hat eine bedeutende Stärke, so dass er etwa 5 Kg. zu tragen vermag; derselbe befindet sich in einer cylindrischen Kapsel, welche vorn durch einen mit der Membran versehenen Deckel (Fig. 28) geschlossen wird, so dass die Magnetpole sich dicht vor der Mitte der Membran befinden.

Fig. 28.



Die Membran selbst hat einen verhältnissmässig grossen Durchmesser und ist am Rande solid mit dem Deckel des Gehäuses verbunden; auch die Dicke der Membran ist grösser als bei anderen Telephonen gebräuchlich ist.

Der Anrufer des Gower'schen Telephons ist eigenthümlicher Art; derselbe besteht aus einer Harmonikazunge, welche hinter einem in der Membran angebrachten Schlitze an einem Querstück *a* (Fig. 28 und 29) befestigt ist. Um den Anrufer ertönen zu lassen, ist an der Rückseite des Telephongehäuses ein langes biegsames

Rohr mit einem Mundstück angebracht (Fig. 30), in welches man scharf hineinbläst, worauf die Zunge wie eine Kindertrompete laut erklingt. Wie bei dem Siemens'schen Telephon theilen sich die Schwingungen der Anruferzunge der Membran mit, wodurch genügend starke Inductionsströme erzeugt werden, welche in dem Geber durch die Schwingungen von dessen Membran einen verhältnissmässig starken Ton erzeugen. Um durch den Apparat zu sprechen, wird ebenfalls das schon erwähnte Rohr benutzt. Die Abbildungen Fig. 28 und 29 zeigen das Gower'sche Telephon in einem Viertel seiner wirklichen Grösse.

Fig. 29.

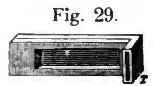
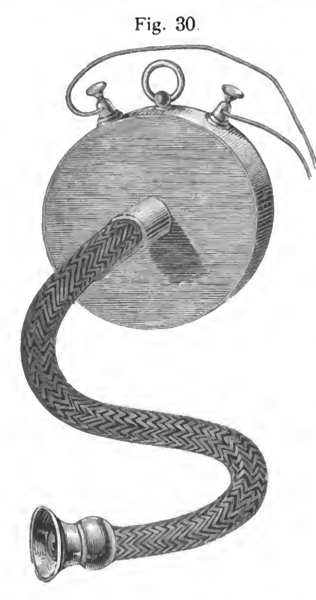


Fig. 30.



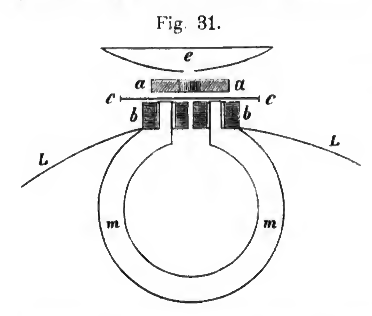
Ader. — Um den Bell'schen telephonischen Geber kräftiger zu machen, hat A. Ader die magnetische Wirkung durch die Reaction einer Eisenarmatur zu verstärken gesucht und dadurch in der That gute Resultate erhalten. Ader hat die Construction seines Telephons auf die folgenden Thatsachen begründet. Bringt man vor die Pole eines Hufeisenmagnets den mittleren Theil einer dünnen, an ihren Endpunkten vom Magnet zurückgehaltenen Eisenlamelle, so wird dieselbe in

einer gewissen Entfernung von den Magnetpolen durch ihre Steifigkeit der Anziehung widerstehen; diese Anziehung macht sich aber sofort wieder bemerklich, sobald man hinter der Lamelle eine grössere Eisenmasse den Polen nähert, während die Lamelle wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückgeht, wenn man die Eisenmasse von den Polen zurückzieht. Es fragt sich nun, wie diese Wirkung zu erklären ist.

Bekanntlich tritt zwischen einem Magnet und seinem Anker die Maximalwirkung ein, wenn die Massen beider gleich sind. Wird die dünne Lamelle den Magnetpolen allein gegenübergebracht, so ist deren Masse zu gering, um die magnetische Kraft des Magnets vollständig auszunutzen, während der massigere Anker eine bedeutend stärkere Reaction der magnetischen Kraft hervorruft. Die zwischen die Magnetpole und den Anker gebrachte dünne federnde Lamelle dient mit Bezug auf die gegenseitige magnetische Einwirkung zwischen Magnet und Anker gewissermassen als ein Schirm und es ist zu untersuchen, wie sich der Magnetismus auf der Lamelle vertheilt. Wird eine dritte Lamelle angewendet, so tritt die entgegengesetzte Wirkung von der eben besprochenen ein, indem zwischen dem Anker der Lamelle entgegengesetzte Polaritäten auftreten, so dass der Anker die Lamelle ebenso stark anzieht, wie dies vom Magnete geschieht und demnach die auf die Lamelle gleichzeitig einwirkenden Anziehungskräfte einander aufheben. Die Anziehungskraft des Magnets auf die Lamelle wird daher erst zur Geltung kommen, wenn man den Anker entfernt. Bringt man nun wieder die dünne Lamelle zwischen Magnet und Anker, so werden vor den Magnetpolen zwar wiederum entgegengesetzte Pole auf der Lamelle

hervorgerufen, aber wegen der geringen Dicke der Lamelle gehen die magnetischen Kraftlinien hindurch, so dass sich die Pole der anderen Lamellenseite nicht den Polen entgegensetzen können, welche sich an dem Anker nach den Magnetpolen hin entwickeln; diese Pole des Ankers sind aber in diesem Falle entgegengesetzt zu denen, die im vorigen Falle zur Wirkung kamen. In Folge dieser eben geschilderten eigenthümlichen Polbildung wird die dünne Lamelle von dem Magnet angezogen und gleichzeitig vom Anker abgestossen, so dass demnach die Lamelle nunmehr mit verdoppelter Kraft nach dem Magnetpole hingetrieben wird.

Fig. 31.



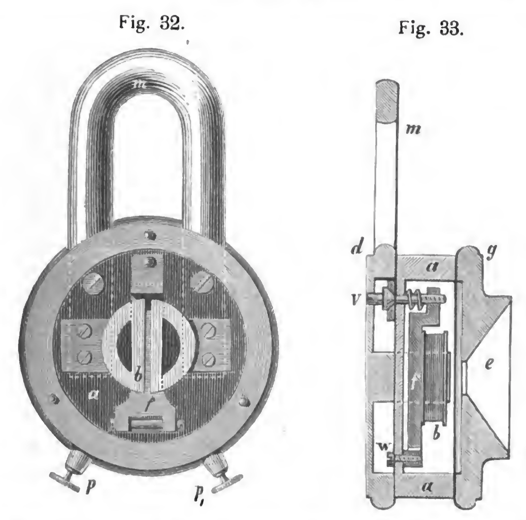
Diese Erscheinung hat Ader sich bei der Construction seines Telephons zu Nutze gemacht.

Wie aus Fig. 31 ersichtlich, ist der zu diesem Telephon verwendete Magnet *m* kreisförmig gekrümmt. Auf den beiden nach auswärts stehenden kleinen Polschenkeln sitzen die Inductionsrollen *b b* und vor denselben befindet sich die als Membran dienende vibrirende Eisenplatte *c*. Oberhalb der Eisenplatte ist der die magnetische Wirkung verstärkende, aus weichem Eisen bestehende Anker in Form eines Ringes *a* angebracht, über welchem sich der Schalltrichter *e* befindet. Der Leitungsdraht *L* ist beiderseits mit den Inductionsrollen *b b* verbunden.

Fein. — W. Fein in Stuttgart giebt seinen Telephonen die durch Fig. 32 und 33 in zwei Ansichten dar-

gestellte Construction. Die Figur 32 links, zeigt die innere Einrichtung nach abgeschraubtem Mundstück und Entfernung der Membran. Der hufeisenförmige Stahlmagnet *m*, dessen Pole mit den angeschraubten Polschuhen versehen sind, ragt mit seiner gekrümmten Hälfte aus der kreisrunden, aus drei zusammengeschraubten Theilen be-

Fig. 32. Fig. 33.



stehenden Holzbüchse *a* hervor, so dass das Telephon sich an diesem Henkel bequem anfassen und aufhängen lässt; ausserdem wird durch diese Form ein grosser Magnet erzielt, welcher mit bedeutender Stärke wirkt, wodurch natürlich auch die Wirkung des Telephons bedeutend erhöht wird.

Die an den Enden der beiden Magnetschenkel befestigten eisernen Armaturen stehen mit rechtwinkelig zur Ebene der Membran vorspringenden halbkreis-

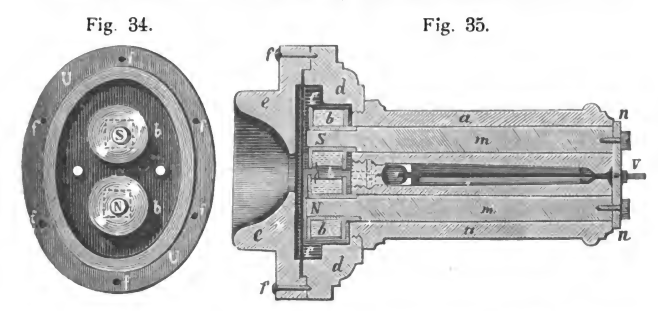
förmigen Kernen in Verbindung, auf denen die ebenso geformten Drahtrollen *b* sitzen. Durch diese Anordnung sollen die Anziehung zwischen Magnet und Membran sehr gleichmässig und die Schwingungen der Membran möglichst regelmässig gemacht werden, wodurch eine recht deutliche Uebertragung der Sprachlaute sich ergeben soll. Die Kerne sind nicht aus einer soliden Eisenmasse, sondern aus dünnen aneinandergelegten Eisenplättchen oder auch aus feinen Drähten gebildet, wodurch ein möglichst exactes Einwirken der elektrischen Schwankungen auf die Magnetpole erzielt werden soll. Um die Kerne in die richtige Stellung zur Membran zu bringen, ist zwischen den Magnetschenkeln ein messingener Hebel *f* angebracht, welcher sich zwischen zwei Spitzenschrauben dreht und mittelst der Schraube v sich einstellen lässt, während seine Drehaxe von der Schraube w an der Büchsenwand festgehalten wird. Eine kräftige, am mittleren Theile der Stellschrauben sitzende Spiralfeder verhindert den todten Gang. Der Kopf dieser Schraube legt sich in eine zwischen den Magnetschenkeln befindliche Messingschiene und ist so lang, dass er an der Rückwand der Büchse hervorsteht, um die Drehung der Schraube mit dem Schraubenzieher zu gestatten. An den beiden Seiten des Hebels *f* sind die erwähnten Eisenkerne befestigt, deren hintere Enden sich bei dem Auf- und Niederschrauben zwischen den Armaturen des Magnets verschieben. Durch diese Einrichtung ist die Möglichkeit geboten, die Stellung der Kerne zur Membran zu corrigiren, ohne dass dabei die Lage des Magnets geändert wird.

Die Drahtenden der Spulen *b* stehen mit den beiden Schraubenklemmen p p_1 in Verbindung, welche zur Aufnahme der Zuleitungsdrähte dienen. Neuerdings ist

die Holzbüchse durch eine Messingbüchse ersetzt worden, welche bezüglich der richtigen Stellung der Magnetkerne solider ist.

Fein's Doppeltelephon zeigt Fig. 34 und 35 in der Vorderansicht mit abgeschraubtem Mundstückdeckel und im Längsdurchschnitt. Durch die mit *f* bezeichneten sechs Schrauben ist das Mundstück *e e* auf die Holzscheibe *d* befestigt und zwischen beide Theile die ovale Eisenplatte (Membran) *c c* festgeklemmt. Die Scheibe *d* ist ferner mit zwei Holzröhren *a a* versehen, in denen sich die durch die

Fig. 34. Fig. 35.



Eisenschiene *n n* verbundenen beiden Stahlmagnete *m m* befinden, deren Enden ungleich polarisirt sind, so dass die Membran *c* dem Nordpole *N* des einen und dem Südpole *S* des anderen Magnets gegenübersteht. Ueber diese Polenden sind die mit feinen Drahtwindungen versehenen Spulen *b b* geschoben, deren Enden der Polarität entsprechend miteinander verbunden sind, während die beiden anderen Enden nach der auf der Aussenseite des Telephons angebrachten Klemmschraube führen. Die genaue Einstellung der Magnetpole kann mittelst der mit Mutter versehenen Schraube v bewirkt werden.

D'Arsonval. — Um die magnetische Kraft in möglichst vortheilhafter Weise auf die Membran zu concentriren, hat d'Arsonval dem Magnetpole die in Fig. 36 und 37 im Auf- und Grundriss ersichtliche Form gegeben. Der Magnet *m* selbst ist, ähnlich wie bei dem Ader'schen Telephon, angenähert kreisförmig gekrümmt. Auf dem einen Pole sitzt ein cylindrischer Kern *d* aus weichem Eisen. Auf dem Kern oder Polschuh *d* ist die Drahtrolle *b* aufgesteckt, welche unten mit einer Scheibe versehen ist. Um die Drahtrolle herum legt sich eine eiserne Hülse, die mit dem anderen Magnetpol verbunden ist und die den zweiten, hier ringförmigen Pol bildet. Auf diese Weise erhält man einen sogenannten Glockenmagnet, bei welchem der eine Pol den anderen concentrisch umgiebt. Es soll auf diese Weise der in der Spule circulirende Strom zur magnetischen Induction möglichst ausgenutzt werden. Bei viel geringerem Gewicht als andere Telephone und einem viel kürzeren Spulendrahte — das d'Arsonval'sche Telephon wiegt nur 125 G. und hat nur 20 Ohm Widerstand — soll die Wirkung kräftiger als selbst beim Gower'schen Telephon sein und dabei soll die Wiedergabe der Worte viel deutlicher und klarer erfolgen. Anstatt des Schalltrichters bringt d'Arsonval an seinem Telephon ein Guttaperchorohr von 8 Mm. Durchmesser an, wodurch die störende Resonanz vermieden werden soll.

Fig. 36.

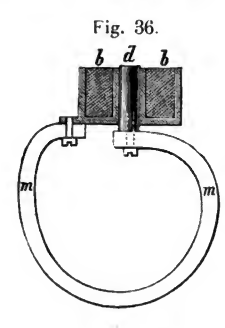
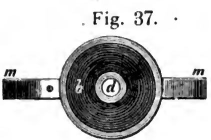


Fig. 37.



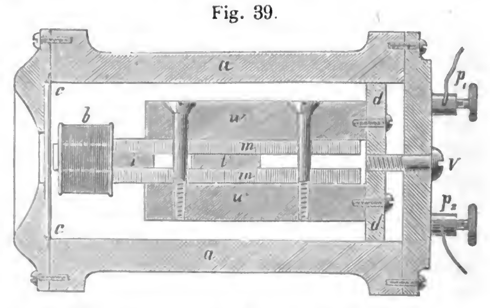
Telephon Schiebeck und Planz. Etwas ähnlich dem d'Arsonval'schen Telephonmagnet ist der im Telephon von Schiebeck und Planz befindliche construirt, welcher durch Fig. 38 illustrirt wird. Der eine Pol des hufeisenförmigen Magnets *m* ist central zur Membran *c* gestellt und an dem anderen Pole ist ein Ring *d* aus weichem Eisen befestigt, welcher den centralen Pol umschliesst und diametral zu demselben zwei Eisenkerne trägt; auf diese zwei Eisenkerne sowie auf den mit ihnen in gleicher Höhe befindlichen centralen Pol sind Drahtspulen *b* gesteckt. Die beiden Seitenpole sind gleichnamig, der mittlere Pol ist ihnen entgegengesetzt. Durch diese Anordnung wird ebenfalls, ähnlich wie durch den d'Arsonval'schen Glockenmagnet, die Intensität des Inductionsstromes erhöht und die Wirkung auf die Membran verstärkt.

Fig. 38.

Ayres. — Dieses von Brown Ayres am Stevens-Institut zu Hoboken, Vereinigte Staaten, construirte Telephon zeichnet sich durch einfache Anordnung und gute Wirksamkeit aus. Fig. 39 (S. 110) zeigt einen Längsdurchschnitt desselben. Die Büchse *a*, von 17 Cm. Länge und 7 Cm. Durchmesser, besteht aus Mahagoniholz. Durch den cylindrischen Holzblock ist ein Loch von 5 Cm. Durchmesser gebohrt. In die Höhlung sind die Magnete so dicht eingepasst, dass sie darin unbeweglich sitzen, sich aber noch mit der Schraube v verschieben lassen. Es sind zwei Hufeisemagnete *m m* angewendet, jeder von 7·5 Cm. Länge, wie man solche in Kurzwaarenhandlungen zu kaufen bekommt. Aus diesen beiden Magneten wird ein soge-

nannter Compoundmagnet gebildet, indem man dieselben, durch ein Holzstück *t* von etwa 3 Mm. Dicke getrennt, mit den gleichen Polen übereinander legt. Zwischen jedes Paar der gleichen Pole wird ein Stückchen weicher Eisendraht *i* von etwa 4·5 Mm. Durchmesser und 30 Mm. Länge, das an dem einen Ende auf etwa 15 Mm. Länge beiderseits flach gefeilt worden ist, eingeklemmt und diese ganze Magnetverbindung wird mittelst zwei Holzstücken w w und zwei Holzschrauben in der Weise, wie dies die Figur zeigt, zu einem festen Ganzen ver-

Fig. 39.



einigt. An die hinteren Enden der Holzstücke w ist ein Messingstreifen *d* mittelst Schräubchen befestigt. Durch diesen Messingstreifen, der stramm in die Höhlung des Holzgehäuses eingepasst ist, geht in der Mitte die Schraube v hindurch, mittelst welcher die Entfernung der Magnetpole vor der Membran regulirt werden kann. Auf jedes der beiden über die Magnetpole hervorragenden Eisenstücke *i* ist eine aus Kartenpapier, Buchsbaumholz oder Hartgummi hergestellte kleine Spule *b* geschoben, auf welche übersponnener Kupferdraht (Nr. 38 der Birminghamer Lehre) gewunden ist. Jede der beiden Drahtspulen

hat 13·5 Mm. Länge und 12·5 Mm. Durchmesser. Die beiden Drahtenden der Spulen sind mit den Klemmschrauben p_1 und p_2 verbunden, womit das Instrument in die Leitung eingeschaltet wird. Die Membran *c* besteht aus dünnem schwach gefirnissten Eisenblech. Die gute Wirkung des Instrumentes hängt mit von der Qualität dieses Bleches ab. Der Schalltrichter ist ähnlich wie bei dem gewöhnlichen Telephon geformt. Der Vorzug dieses Telephons liegt in dem starken Magnet, der für Telephone wesentlich ist. Das oben beschriebene Instrument hat ungefähr 80 Ohm Widerstand und es ist damit durch einen Draht von 120 Km. und gegen einen viel stärkeren Widerstand in sehr befriedigender Weise gesprochen worden.

Fig. 40.

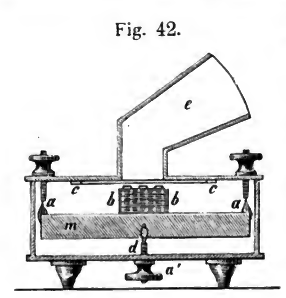
Fig. 41.

Eaton. — Die Eigenthümlichkeit dieses Telephons liegt in der Combination von sechs Hufeisenmagneten zu einem vielpoligen Magnet in der in Fig. 40 und 41 angegebenen Weise, sowie in der Anwendung einer doppelten Membran. Die Abbildung zeigt das vollständige Telephon im Längsdurchschnitt und in der Ansicht von unten nach weggenommenem Deckel. Die beiden Membranen sind mit concentrisch ringförmigen Wellungen versehen, um deren Elasticität zu vermehren; die Anzahl der Wellungen hängt vom Durchmesser ab. Die beiden Membranen sind durch einen dazwischengelegten Cartonring getrennt und innen dazwischen ist eine Luftschicht abgesperrt. Die sechs Magnete *m* sind mit ihren Nordpolen in der Mitte bei *A* sternförmig zusammengefügt und in einer Spule *b* vereinigt,

so dass ein starker Centralpol entsteht; die anderen gleichnamigen (Süd-) Pole sind symmetrisch im Kreise herum, bei *A*, angeordnet; jeder dieser Pole ist mit einer entsprechend kleineren Drahtspule b_1 versehen.

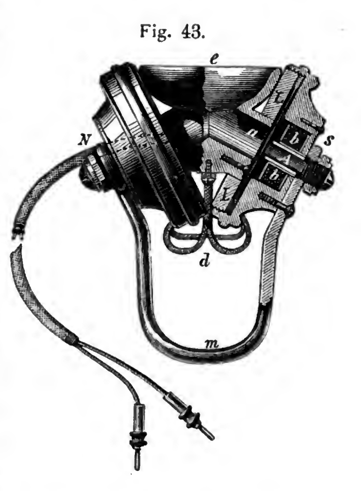
Böttcher. — Der Unterschied dieses Telephons (Fig. 42) von allen bisher beschriebenen liegt hauptsächlich darin, dass der Magnet *m* nicht, wie sonst allgemein üblich, fest im Gehäuse sitzt, sondern mittelst Schrauben und feinen Stahldrähten schwebend aufgehängt ist. Hierdurch wird erreicht, dass der Magnet mit der Membran *c* zugleich oscilliren kann, wodurch die Wirkung zwar bedeutend verstärkt wird, jedoch auch der Ton weniger rein und deutlich ausfällt, als bei Bell, Ader, Fein und anderen Systemen. Wenn man bei Böttcher's Telephon das Ohr an den Schalltrichter dicht anlegt, so wird der Ton weniger deutlich als in 7 bis 8 Cm. Entfernung. Die Polschuhe, auf denen die Inductionsspulen *b* sitzen, sind nicht aus massivem Eisen, sondern aus je drei etwas voneinander abstehenden cylindrischen Eisenstäbchen gebildet, wodurch der Magnetismus in denselben leichter und schneller wechseln kann. Durch die Schrauben *a* wird der Magnet *m* nach oben und durch Schraube *a'* nach unten gezogen, so dass derselbe frei in dem Gehäuse schwebt und die oberen Enden der Polschuhe sich ungefähr $^1/_2$ Mm. unterhalb der Membran *c* befinden. Das Telephon ist ganz aus Metall hergestellt, weshalb ein Verziehen, wie dies bei

Fig. 42.



hölzernen Gehäusen stattfinden kann, nicht zu befürchten ist und eine einmalige Regulirung auf die Dauer aushält. Das Gehäuse ist mit Füssen zum Aufstellen versehen. Beim Sprechen wird der Mund dem Schalltrichter möglichst nahe gebracht, dagegen erfolgt das Hören, wie schon gesagt, am besten aus einiger Entfernung. An Orten, wo starkes Geräusch herrscht, ist dieses Telephon nicht zu gebrauchen.

Fig. 43.



Elisha Gray. — Dieses Instrument gehört zu den Vielfach-Telephonen, bei denen in Folge der Combination zweier Membrane mit einem Schalltrichter die Wirkung bedeutend erhöht wird. Wie aus Fig. 43 ersichtlich ist, sind die beiden Telephone einander unter einem spitzen Winkel gegenübergestellt und je durch ein Rohr *a* mit dem Schalltrichter *e* verbunden. Beide Telephone haben einen gemeinschaftlichen, bügelförmig gekrümmten Stahlmagnet *N m S*, welcher in jedes der beiden Telephongehäuse mit einem Polschuh *A* hineinragt, worauf die Drahtspule *b* sitzt, wie aus dem Durchschnitt rechts zu ersehen ist. In der Mitte bei *d* ist die Verbindung der beiden Spulendrähte mit der Leitung ersichtlich. Die Membran *c* ist rechtwinkelig zum Schall-

rohr *a* angeordnet und wird durch den einschraubbaren Deckel *L* gehalten.

Phelps. — Dieses unter dem Namen „Kronentelephon” bekannte Instrument wird als einfaches und als Doppeltelephon construirt und in der letzten Form benutzt, wenn eine stärkere Wirkung erzielt werden soll. Das einfache Kronentelephon (Fig. 44) besteht aus einer Membran und dem Polkerne (Polschuh), wie das Bell'sche Telephon. Der Polkern ist mit den ähnlichen Polen (z. B. dem Nordpole) von sechs bogenförmig gekrümmten Stahlmagneten verbunden, deren andere ähnliche Pole (Südpole) an dem Rande der kreisförmigen Membran befestigt sind. Durch diese Anordnung ist das magnetische Feld bedeutend erweitert und die Töne werden sehr verstärkt. Fig. 45 stellt das doppelte Kronentelephon dar, welches aus zwei einfachen Kronentelephonen in der Weise zusammengesetzt ist, dass deren Membranen einander parallel gegenüberstehen.


Fig. 44.

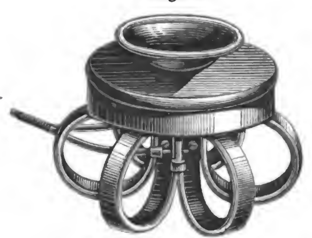
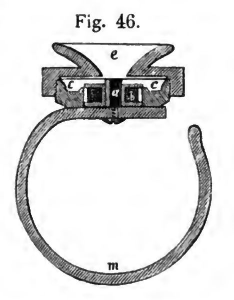


Fig. 45.

Das Rohr des Schalltrichters befindet sich in dem Zwischenraume und mündet in ein senkrecht zu den Membrancentren angeordnetes Rohr ein. Beide Instrumente sind von vorzüglicher Wirkung, jedoch hat die Praxis gelehrt, dass man dasselbe Resultat auch auf viel einfachere Weise erreichen kann, und mit Bezug darauf hat Phelps seinem Telephon neuerdings die in Fig. 46 dargestellte Construction gegeben, in welcher dasselbe als sogenanntes „Ponny-Telephon" bezeichnet wird. Es ist hierbei nur der eine Pol *a* des hakenförmigen, im Querschnitt oblongen Stahlmagnets *m* wirksam gemacht. Im Vergleich mit anderen Telephonen hat die Membran *c c* einen ziemlich grossen Durchmesser und daher eine relativ grosse Empfindlichkeit; *b* ist die Inductionsspule und *e* der Schalltrichter.

Fig. 46.



Sars. — Die Magnete (Fig. 47) *m* bestehen aus radial aneinander gefügten doppelt rechtwinkelig gebogenen Stahllamellen, welche in Form eines Sechs- oder Achteckes um ein Holzgehäuse *h* so angeordnet sind, dass sie zwei centrale, einander gegenüberliegende entgegengesetzte Pole bilden. In diese Pole sind die röhrenförmigen Polschuhe *N S* eingeschraubt, auf denen innerhalb die Inductionsspulen *b b* sitzen und zwischen denen die Membran *d* mit ihrem kreisrunden Rande mittelst Kautschukröhren eingespannt ist. Die Membran kann auf diese Weise einen sehr grossen Durchmesser erhalten und da die Magnetpole *N S* sehr kräftig auf diese Membran einwirken, so ist dieses Telephon sehr

empfindlich. In Folge der einander gegenüberstehenden ungleichnamigen Pole verstärken sich die in den Spulen *b b* entwickelten Inductionsströme gegenseitig. Das ganze Telephon ist des besseren Aussehens wegen mit einem cylindrischen Messinggehäuse umgeben, welches zwei centrale Oeffnungen hat. Diese Oeffnungen werden mit Hörröhren verbunden, so dass man durch Anlegen derselben an beide Ohren die Einwirkung auf das Gehör verstärken kann.

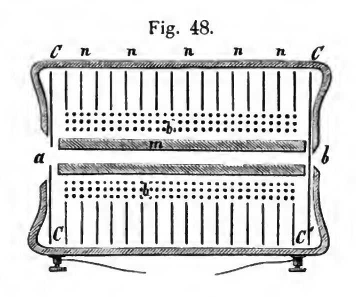
Fig. 47.

Trouvé. — Dieses in Fig. 48 dargestellte Telephon ist durch die Anordnung von zwei Membranen bemerkenswerth. Zwischen den beiden Membranen *C C* und *C' C'*, von denen die erstere in der Mitte durchlocht, die andere aber voll ist, befindet sich der röhrenförmige Magnet *m*, der in seiner ganzen Länge mit der Inductionsspule *b* umwickelt ist. Um die Inductionsspule herum ist eine Anzahl ringförmiger Bleche angebracht, welche zur Verstärkung der Inductionswirkung auf die Membran beitragen sollen. Der ganze Apparat ist von einer cylindrischen Holzbüchse umgeben, die beiderseits mit flachen Schalltrichtern versehen ist. Wenn man vor der Oeffnung bei *a* spricht, so versetzen die an den Rand der Membranöffnung anprallenden Schallwellen die Membran in Schwingungen, dringen alsdann in den röhrenförmigen Magnet ein und gelangen an die volle Membran, welche sie in isochrone Schwingungen versetzen. Es resultirt

hieraus auf den röhrenförmigen Magnet eine doppelte Inductionswirkung, welche durch die in der Drahtrolle inducirten Ströme fortgepflanzt wird und welche um so energischer sind, als die ringförmigen Eisenlamellen die im gegenüberliegenden Pole producirten Wirkungen verstärken, was stets der Fall ist, wenn der inactive Pol eines polförmigen Magnets mit einem Anker versehen wird.

Resumiren wir die vorhergehenden Mittheilungen über die Telephone, so ergiebt sich Folgendes: Das Original-Bell-Telephon ist seit 1877, in seiner Wirkung als Empfangsinstrument oder Geber (Hörtelephon) betrachtet, nicht wesentlich verbessert worden. In der That hängt die Vervollkommnung seiner Wirkung nur von der sorgfältigen und accuraten Herstellung ab; dasselbe wird jetzt solider ausgeführt und mit kräftigeren Magneten versehen, aber immerhin ist es noch dasselbe wunderbare und einfache Instrument, welches von Amerika herüber kam.

Fig. 48.



Gower hat dessen Schallstärke durch die Veränderung verschiedener Theile und durch Anbringung eines sehr kräftigen Hufeisenmagnets vergrössert; die Erfahrung hat aber gezeigt, dass die Vergrösserung der Schallstärke beim Telephon stets nur auf Kosten der klaren Articulation zu erhalten ist. Obschon Gower's Telephon von den englischen Postämtern adoptirt worden ist, so geht

doch nichts über die zarte Articulation des Bell'schen Instruments. Ader's Modification des Bell'schen Gebers ist fast allgemein in Paris gebräuchlich; es ist dies ein handliches, hübsches Instrument, worin die sogenannte „Ueberregung" zur Schallverstärkung benutzt wird, indem durch die Anordnung des vorerwähnten starken Eisenringes die Einwirkung des Magnets auf die Eisenmembran verstärkt wird. D'Arsonval hat ebenfalls Bell's Empfänger modificirt, indem er die Inductionsspule in ein kräftiges Magnetfeld von ringförmiger Anordnung brachte und dadurch die Wirkung der magnetischen Kraftlinien auf die Inductionsspule concentrirte. Die Wirkung wird dadurch bedeutend verstärkt und die Vermehrung der Lautheit beeinträchtigt nicht so merklich wie bei anderen Systemen die Feinheit der Articulation. Wie früher ausführlich aus-einander gesetzt wurde, beruhen die telephonischen Geber des Bell'schen Typus auf den magnetischen Wirkungen der um die Magnete oder weichen Eisenstäbe geführten elektrischen Ströme. Die rasche und rhythmische Zu- und Abnahme der magnetischen Kraft bringt moleculare Strömungen in den magnetischen Massen und überhaupt im ganzen Material des Instrumentes hervor, welche oscillatorische Bewegungen des Ganzen verursachen und schliesslich Schallschwingungen erzeugen; diese Schallschwingungen lassen sich jedoch auch noch durch andere Vorrichtungen für telephonische Zwecke reproduciren, wie wir im Folgenden sehen werden. Jedenfalls ist aber immer zu berücksichtigen, dass die meisten der hierher gehörigen Constructionen im günstigsten Falle Bell's Hörtelephon kaum übertreffen und nur durch die Sucht nach frischen Patenten hervorgebracht worden sind.

IV.

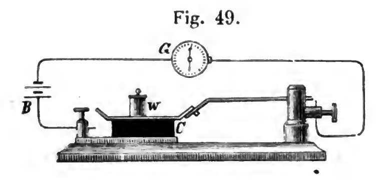
Das Batterie-Telephon.

Die grosse Neuheit und Eigenthümlichkeit des Bell'schen Telephons war darin begründet, dass Empfänger und Uebertrager (*receiver* und *transmitter*) oder Geber und Sender durch identische Instrumente gebildet werden; das Instrument ist also reversibel, d. h. umkehrbar. Die Schallwellen der Luft prallen gegen eine Eisenplatte an und versetzen diese vor einem Magnet in Vibrationen, um dessen Pol ein Theil des elektrischen Stromkreises als Inductionsspirale herumgewunden ist. Durch diese Vibrationen einer magnetischen Substanz in einem Felde magnetischer Kraftlinien werden elektrische Ströme in der Drahtspirale des Magnets hervorgerufen, welche, indem sie in Stärke und Richtung mit den Schallschwingungen variiren, durch einen Draht bis nach einer entfernten Station geführt werden, daselbst die magnetische Kraft eines ähnlichen Magnets verändern, so dass dessen Anziehung auf eine ähnliche Eisenplatte rasch hintereinander verschiedenartig einwirkt, wodurch die Schwingungen der ersten Eisenplatte reproducirt und somit wiederum in der die Platte berührenden Luft Schallwellen erregt werden, welche die Worte und Töne dem Gehör zutragen. Die so erregten Ströme sind jedoch sehr schwach, weil auf dem Wege viel Energie verloren geht, so dass die Wirkung kaum den in der Praxis des Verkehrs gestellten Anforderungen entspricht.

Edison zeigte zuerst, wie man diese Ströme verstärken kann.

Zu dem Zweck benutzte Edison die von ihm nach seinen Versuchen angenommene Thatsache, das die Kohle ihren Widerstand gegen das Hindurchgehen elektrischer Ströme mit der Stärke des auf sie ausgeübten Druckes verändere. Edison griff damit zu einem Princip zurück, welches Du Moncel in Paris schon im Jahre 1856 gelegentlich entdeckt hatte, indem er bemerkte, dass die Intensität eines elektrischen Stromes in einem Stromkreise, worin ein Strombrecher (Interruptor) eingeschaltet war, je nach dem Grade des auf den Contactpunkt der leitenden Theile dieses Strombrechers augeübten Druckes sich proportional verändere. Um seine muthmassliche Entdeckung für die Zwecke der Telephonie nutzbar zu machen, richtete er ein Telephon derartig ein, dass die von den Schallwellen in Vibrationen versetzte Platte (Membran) gegen einen Knopf aus Graphitkohle presste und so die Stärke eines durch diesen Kohlenknopf hindurchgeführten elektrischen Stromes veränderte. Dieser variirende Strom ging durch die Primärspirale einer Inductionsrolle und erregte in der Secundärspirale dieser Rolle viel kräftigere elektrische Ströme, als sie das Bell'sche Telephon zu erzeugen vermochte. Weil für den Betrieb dieses Instrumentes eine galvanische Batterie nöthig war, so wurde dasselbe auch als Batterie-Telephon bezeichnet.

Fig. 49.



Bei seinen ersten nach dieser Richtung hin angestellten Versuchen benutzte Edison den in Fig. 49 abgebildeten Apparat; derselbe besteht aus einer Kohlenplatte *C*,

einer galvanischen Batterie *B* und einem Galvanometer *G*. Die Kohlenplatte *C* liegt auf einer Metallplatte, welche zum Einspannen eines Leitungsdrahtes mit einer Schraubenklemme versehen ist; auf dem Standbrettchen des Apparates ist ein kleiner, ebenfalls mit einer Schraubenklemme zum Einspannen des Leitungsdrahtes versehener Metallpfeiler angebracht, in welchem sich der Drehpunkt eines Hebels befindet. Das breite Ende dieses Hebels legt sich auf die Kohlenplatte und wird durch ein aufgesetztes Gewicht *w* gegen dieselbe gepresst. Mit diesem Apparate lässt sich nachweisen, dass der Widerstand der Kohle abnimmt, folglich die Stromstärke wächst, wenn man ein grösseres Gewicht *w* aufsetzt und also den Contactdruck verstärkt. Das Umgekehrte tritt ein, wenn man das Gewicht und folglich auch den Contactdruck vermindert.

Fig. 50.

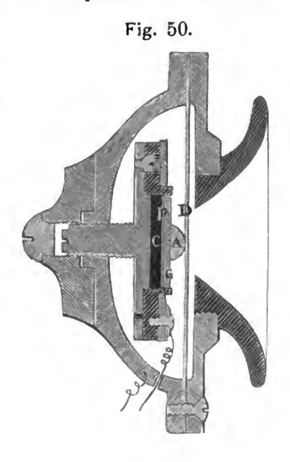
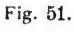
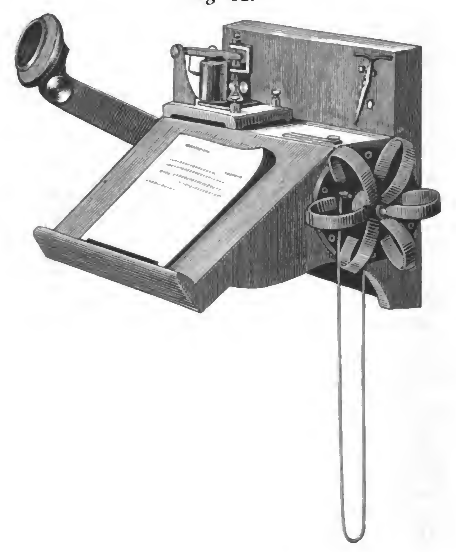


Fig. 50 illustrirt die Einrichtung eines Edison'schen Uebertragungs-Apparates oder Senders neuerer Construction. Die präparirte Kohle *C* ist von einem Rahmen aus Ebonit (Hartgummi) umschlossen und liegt mit demselben auf einer Metallscheibe auf, welche in die Rückwand des metallenen Telephongehäuses eingeschraubt ist. Die Vorderseite der Kohle ist mit einem kreisrunden Stück Platinfolie *P* bedeckt, das mit einer vom Gestell isolirten Schraubenklemme für den Leitungsdraht in Verbindung steht; das

andere Ende des Leitungsdrahtes ist mit dem Metallgehäuse verbunden. Auf die Platinfolie *P* ist eine Glasscheibe *G* gekittet, auf welcher ein Aluminiumknopf *A* sitzt. Die Membran *D* legt sich an diesen Knopf an, so dass dadurch die von den Schallwellen resultirenden


Fig. 51.



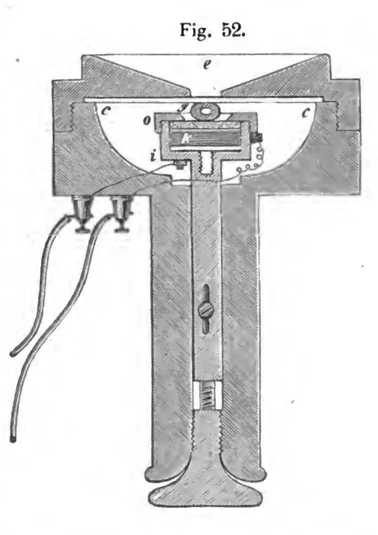
Schwingungen der Membran als Druckänderungen auf die Kohle übertragen werden.

Die Combination dieses Edison'schen Senders mit einem Phelps'schen Geber (Kronentelephon) illustrirt Fig. 51. Das Kohlentelephon ist auf einem an dem kleinen Schreibpult angebrachten Arm befestigt, so dass man

ohne Weiteres bequem hineinsprechen kann. Das Anrufen erfolgt mittelst eines gewöhnlichen telegraphischen Klingel-Apparates und Tasters zur Stromunterbrechung.

Eine etwas andere Construction des Edison'schen Kohlentelephons illustrirt Fig. 52. Auch hier liegt eine Kohlenscheibe *k* in einer Art Kästchen hinter der Membran *c c* zwischen zwei Platinplatten *o* und *i*, welche mit der Batterieleitung verbunden sind. An der Mitte der Metallmembran ist ein kleines Stückchen Kautschukrohr *o* befestigt, welches leicht gegen eine Elfenbeinscheibe presst, die direct auf der oberen Platinplatte *o* liegt. Sobald die Membran irgend welche schwingende Bewegung annimmt, erfolgt sofort ein veränderter Druck auf die Kohle und demzufolge auch eine Stromschwenkung in der Leitung. Durch das eingelegte Stückchen Kautschukrohr soll die Bewegung der Membran gedämpft und dieselbe sofort wieder zur Ruhe gebracht werden, wenn die erregende Kraft aufhört. Auf diese Weise sollen Interferenzen, welche durch die zu lange andauernde Schwingung der Membran leicht entstehen können, ver-

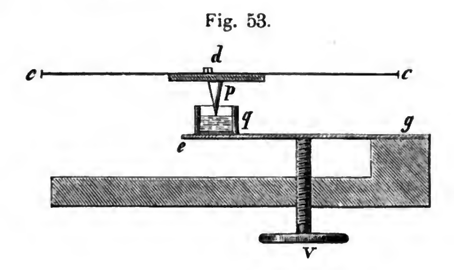
Fig. 52.



mieden werden und die Reproduction der Worte möglichst klar und deutlich erfolgen.

Analog dem Edison'schen Kohlentelephon ist das Righi'sche Telephon, welches seinerzeit in Italien Aufsehen erregte. Righi benutzte als Geber ein Bell'sches Telephon mit sehr grosser Membran, welche aus Pergamentpapier hergestellt und nur in der Mitte mit einer Eisenplatte armirt ist; auch der prismatische Magnet hat aussergewöhnliche Dimensionen. Der Sender ist im Princip in Fig. 53 dargestellt.

Fig. 53.

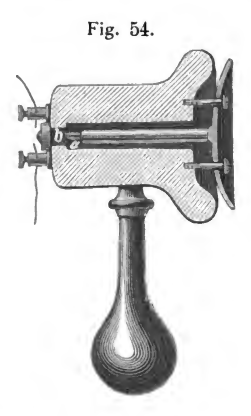


Auf einer federnden Lamelle *e g* sitzt vorn ein Näpfchen *q*, das mit einem Gemisch aus Graphit- und Silberpulver gefüllt ist. Darüber befindet sich die Membran *c c*, welche im Centrum einen conischen Stift *p* trägt, der mit seinem stumpfen Ende auf das Pulver drückt; dieser Druck kann mittelst der Schraube *v* regulirt werden. Die Wirkungsweise dieses Instrumentes lässt sich ähnlich erklären, wie des Edison'schen Kohlentelephons.

Ein Kohlentelephon von etwas anderer Construction wurde von Ader ausgeführt. Wie aus Fig. 54 ersichtlich ist, besteht dasselbe aus einem mit Handgriff versehenen Gehäuse, in dessen Höhlung ein Holzstift hineinragt, der

vorn mit einem hölzernen Teller versehen und mit dem Gehäuse frei verbunden ist, so dass derselbe den Bewegungen der gegen den Teller anprallenden Schallwellen folgen kann. Am inneren Ende ist der Holzstift mit einem kleinen Kohlencylinder *a* versehen, der sich gegen ein in dem Boden des Gehäuses befestigtes Kohlenstückchen *b* stemmt, welches mit der einen der beiden aussen am Gehäuse angebrachten Schraubenklemmen in leitender Verbindung befindet, während der Kohlenstift mit der anderen Schraubenklemme verbunden ist, so dass der durch die Schraubenklemmen dem Instrumente zugeführte Batteriestrom durch den veränderlichen Kohlencontact hindurch gehen muss und somit in Folge der von den Schallwellen veranlassten Variationen des Contactdruckes entsprechende Variationen der Stromstärke im Stromkreise hervorgerufen werden. Dieses als Elektrophon bezeichnete Instrument bildet bereits den Uebergang zu einer anderen Gattung telephonischer Instrumente, welche wir im nächsten Capitel unter der Bezeichnung „Mikrophone" beschreiben werden.

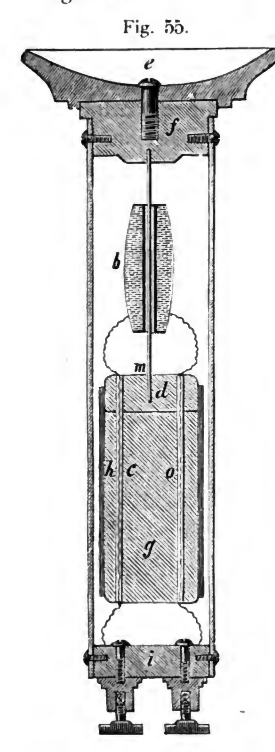
Fig. 54.



Mit diesem eigenthümlich construirten Sender hat Ader als Geber ein anderes Instrument, das sogenannte „Eisendraht-Telephon", d. i. ein Telephon ohne schwingende Platte, welches Fig. 55 illustrirt, zu einem telephonischen System vereinigt. Ueber die Erfindungs-

geschichte dieses Instrumentes berichtet Du Moncel[1]) Folgendes:

Fig. 55.



Um sich zu überzeugen, ob die telephonische Wirkung auf Molecular- oder Transversalschwingungen beruhe, stellte Ader ein Telephon ohne Membran oder Diaphragma her; mit demselben konnte er jedoch nur articulirte Laute, nicht aber Worte reproduciren. Indem er magnetische Kerne von verschiedenen Grössen verwendete, bemerkte er bald, dass die Intensität der Reproduction mit der Verkleinerung des Durchmessers der Magnetstäbe zunahm, und indem er schliesslich anstatt eines Magnetstabes einen Eisendraht von nur 1 Mm. Durchmesser in sein Instrument einspannte, zeigte sich dasselbe zur Reproduction von Worten vollkommen geeignet. Noch mehr nahm aber die Wirkung zu, als er mit dem freien Ende des Drahtes, das durch ein Brettchen gestochen war, eine grössere Metallmasse in Berührung

[1]) Th. Du Moncel, Le Téléphone. Paris 1882.

brachte. Hiermit war allerdings ein schlagender Beweis für die früher besprochene Moleculartheorie beigebracht.

In Fig. 55 ist *m* der mit einer Drahtrolle *b* umgebene Eisendraht, welcher an seinen beiden Enden mit zwei Kupfermassen *f* und *d* verlöthet ist. Die Kupfermasse *f* ist am Ende eines langen Messingrohres befestigt und mit dem Schallteller *e* verbunden; das andere Rohrende ist durch einen Ebonitpfropfen *i* verschlossen, woran die beiden Schraubenklemmen zum Einschalten der Leitungsdrähte sitzen. Mit der Kupfermasse *d* ist die noch grössere Kupfermasse *g* verbunden und beide Massen *d g* bilden einen Cylinder, dessen Durchmesser ziemlich gleich der inneren Rohrweite ist; aussen ist dieser Kupfercylinder mit Kautschuk *h h* überzogen, so dass kein leitender Contact mit dem Rohre stattfinden kann. Die Drahtenden der Inductionsspule *b* gehen durch den Kupfercylinder *d g* isolirt hindurch und sind mit den erwähnten Schraubenklemmen verbunden. Dieses Instrument soll recht gute Resultate ergeben haben. Du Moncel erklärt dessen Wirkung folgendermassen: Die molecularen Schwingungen des Eisendrahtes wirken hauptsächlich nach der Längsrichtung und pflanzen sich schneller fort als die Schwingungen, welche der trägen Masse *d g* mitgetheilt werden; aus dieser Wirkung resultiren kleine Stösse, welche den mechanischen Effect der Schwingungen des Eisendrahtes vergrössern; die Gesammtwirkung der Masse *d g* überträgt sich dann durch den Draht auf die Kupfermasse *f* und pflanzt sich von da, in Schallschwingungen übergehend, aus dem Schallteller nach aussen fort.

Richmond's Elektro-Hydrotelephon, welches 1878 in den Vereinigten Staaten patentirt wurde, ähnelt

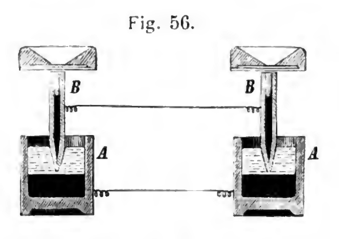
in gewisser Beziehung dem Edison'schen Kohlentelephon, anstatt der Kohle oder des Graphits wird aber bei demselben der veränderliche Widerstand des Wassers benutzt. Zwei in Wasser eingetauchte Platinspitzen sind im Stromkreise mit der Linie und mit der Batterie verbunden. Die eine Spitze ist an einem Metallplättchen angebracht, das durch den Schall der Stimme schwingt; die Schwingungen bewegen diese Spitze gegen die andere hin und wieder von ihr hinweg und verkleinern oder vergrössern dadurch abwechselnd die Dicke und den Widerstand der zwischen den Spitzen befindlichen Wasserschicht, wodurch in entsprechender Weise die Stärke des Linienstromes verändert wird.

Breguet's Quecksilbertelephon beruht auf der von Lippmann entdeckten Erscheinung der Capillar-Elektricität, die sich folgendermassen äussert: Wenn über einer Quecksilberschicht sich eine Schicht angesäuertes Wasser befindet und mittelst einer Elektrode und einem Draht so mit dem Quecksilber verbunden ist, dass ein Stromkreis gebildet wird, so wird durch jede mechanische Wirkung, welche mittelst eines Druckes die Form des Quecksilberspiegels verändert, auch eine elektrische Gegenwirkung hervorgerufen, welche einen Strom ergiebt, dessen Stärke im Verhältniss zur ausgeübten mechanischen Wirkung steht. Umgekehrt wird aber auch jede elektrische Wirkung, welche in dem Stromkreise eines solchen Systems stattfindet, eine Veränderung in der Oberflächenform (in dem Meniscus) des Quecksilbers und in Folge dessen eine Bewegung in der Quecksilbermasse erzeugen, welche umsomehr hervortritt, je dünner und länger die Quecksilbersäule und je stärker der Strom ist. Diese elektrische Wirkung wird überdies ebenfalls

aus einer Potentialdifferenz im elektrischen Zustande der beiden Enden des mit einer Elektricitätsquelle in Verbindung gesetzten Stromkreises resultiren können.

Fig. 56 illustrirt den von Breguet zur telephonischen Benutzung dieser Erscheinung construirten Apparat. In zwei theils mit Quecksilber, theils mit angesäuertem Wasser gefüllte Gläser *A A* wird je ein am unteren Ende spitz ausgezogenes und dadurch geschlossenes, ziemlich ganz mit Quecksilber gefülltes Glasrohr *B B* eingetaucht, auf dessen oberer Mündung eine vibrationsfähige kreisrunde Platte liegt; die beiden Quecksilbersäulen der Röhren *B B* sowohl, als auch die Quecksilberschichten in den Gläsern *A A* sind je durch einen Draht leitend miteinander verbunden und ist so ein geschlossener Stromkreis hergestellt.

Fig. 56.



Wird die eine der Platten *B* oder *B* in Vibration versetzt, so werden diese Vibrationen durch den Einfluss der entsprechend vibrirenden Quecksilbersäulen auf die andere Platte übertragen.

Einen sehr empfindlichen Apparat hat Breguet in der folgenden Weise hergestellt:

Ein sehr enges Glasrohr von einigen Centimeter Länge, das abwechselnd Tropfen von Quecksilber und von angesäuertem Wasser enthält, ist an beiden Enden zugeschmolzen, aber an jedem Ende ist ein Platindraht derartig eingeführt, dass derselbe mit dem zunächst befindlichen Quecksilbertropfen sich in Contact befindet.

Normal zum Rohre ist in dessen Mitte eine dünne runde Scheibe aus Tannenholz über das Rohr geschoben und darauf festgekittet. Zwei solche Instrumente können als Sender und Geber zu einem telephonischen System vereinigt werden und ergeben die folgenden Vortheile:

1. Es ist keine Batterie nöthig, um die telephonische Wirkung zu erhalten.

2. Der störende Einfluss einer langen Leitung ist bei diesem Instrument fast Null, auch wenn dasselbe mit einem Bell'schen Telephon verbunden ist.

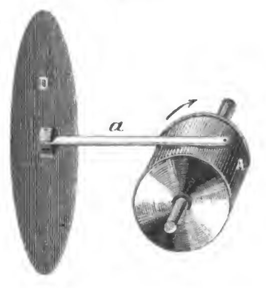
Ausser den erwähnten Principien der Elektricität hat man auch noch andere zur Herstellung telephonischer Empfangs-Apparate oder Geber benutzt.

So wurde z. B. von Edison die elektrochemische Wirkung in Anwendung gebracht, um ein sehr laut sprechendes Telephon zu erhalten. Das Princip, welches von Edison bereits vor Jahren gefunden und im Jahre 1872 von ihm zur Construction eines empfindlichen Relais für Linien mit grossem Widerstande verwendet wurde, beruht darauf, dass, wenn man mit einem Platinstreifen, der mit dem einen Pole einer Batterie verbunden ist, über einem mit schwacher Aetzkalilösung befeuchteten Papierstreifen, der auf einer mit dem anderen Batteriepole verbundenen Metallplatte liegt, mit leichtem Drucke hinfährt, der dabei stattfindende Reibungswiderstand beim Durchgange des elektrischen Stromes bedeutend verringert wird. Wird bei dieser Bewegung des Platinstreifens über das mit Aetzkalilösung befeuchtete Papier der Batteriestrom abwechselnd unterbrochen und wieder hergestellt, so empfindet man in der die Bewegung ausführenden Hand, wie der Platinstreifen entsprechend schwerer und leichter bewegt werden kann,

und die Schwankungen dieses durch Reibungsvariationen hervorgerufenen Widerstandes sind proportional der Stromstärke. Eine bestimmte Erklärung dieser Erscheinung ist uns noch nicht bekannt, jedoch vermuthet man, dass der durchgehende Strom eine Zersetzung der Flüssigkeit bewirke, so dass der Platinstreifen im Augenblick, wo der Strom durchgeht, durch eine dünne Gasschicht vom Papier getrennt wird, welche die Reibung aufhebt.

Jedenfalls genügt diese Thatsache zur Herstellung des elektrochemischen Telephons. Befestigt man, wie Fig. 57 zeigt, einen platinirten Stab *a* senkrecht im Centrum einer genügend straffen, dabei aber auch genügend elastischen Membran *D* aus Glimmer und trifft ferner die Anordnung so, dass der Stab mit seinem platinirten Ende auf einem mit einem feuchten Gemisch aus Kreide, Aetzkali und etwas essigsaurem Quecksilber überzogenen, in der Pfeilrichtung rotirenden Metallcylinder *A* unter leichtem Drucke gleitet, wobei der Stab und Cylinder mit den Polen einer galvanischen Batterie verbunden sind, so dass der elektrische Strom durch die Berührungsstelle zwischen Stab und Cylinder hindurch gehen muss, so wird bei eintretenden Stromschwankungen der Stab, entsprechend der Stromstärke, vom rotirenden Cylinder bald mehr, bald minder stark mit fortgezogenen und dadurch die etwa 10 Cm. im Durchmesser haltende Glimmerplatte bald mehr oder minder nach

Fig. 57.

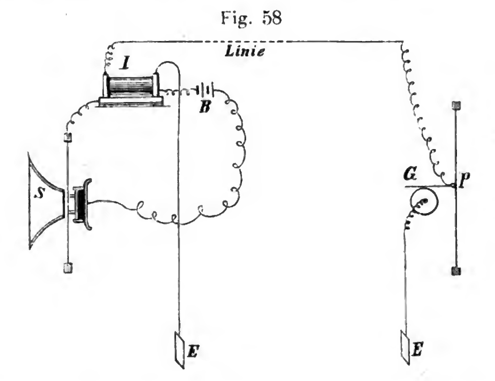


dem Cylinder hin ausgebaucht, so dass dieselbe in Oscillationen versetzt wird. Werden nun diese Stromschwankungen mittelst eines in den Stromkreis des Apparates eingeschalteten Bell'schen Senders hervorgerufen, so wiederholt der mittelst eines Uhrwerks in gleichmässige Rotation versetzte Cylinder *A* durch die den Stromschwankungen entsprechenden Reibungsschwankungen zwischen seiner chemisch präparirten Oberfläche und dem platinirten Stabe *a* die Schwankungen in der Glimmermembran und ruft so in der anstossenden Luft wiederum die einen elektromagnetischen (Bell'schen) Sender oder einen Edison-schen Kohlensender vorher erregenden Schallschwingungen der Stimme der in den Sender sprechenden Person hervor. Edison hat gefunden, dass dieses Instrument gleich dem magnetischen Geber weit stärker wirkt, wenn es in einen Inductionsstrom eingeschaltet ist, als wenn es direct in dem Stromkreise des Senders (beispielsweise eines Edison-schen Kohlensenders) sich befindet.

Das Diagramm Fig. 58 erklärt die Art und Weise der Verbindung von zwei derartigen Edison'schen Instrumenten. In dieser Figur ist *S* der Kohlensender und *G* der elektrochemische Geber; *B* ist die galvanische Batterie und *I* eine Inductionsrolle. Die oscillirende Bewegung, welche dem elektrischen (Voltaischen) Strome in Folge des Durchganges durch die Kohlenplatte des Senders mitgetheilt wird, deren Widerstand unter dem Einflusse der Schallwellen beständig variirt, bringt durch Induction einen entstprechend oscillirenden Strom im secundären Stromkreise der Inductionsrolle *I* hervor und indem dieser oscillirende Strom durch den Liniendraht nach dem Geber übertragen wird, entstehen in Folge der variirenden Intensität der elektrochemischen Zersetzung, welche

zwischen dem rotirenden Kreidecylinder und der dagegen pressenden Platinlamelle erzeugt wird, entsprechende Variationen des Reibungscoëfficienten zwischen den beiden Contactflächen, und das Bestreben der elastischen Gebermembran, das Gleichgewicht zwischen ihrer eigenen elastischen Widerstandskraft und dem ihr entgegenwirkenden wechselnden Zuge der Reibung herzustellen, macht sich durch die Reproduction der Schallwellen be-

Fig. 58



merklich, wobei aber der reproducirte Schall viel stärker zum Vorscheine kommt, als der Schall gewesen ist, durch welchen die oscillirenden Ströme im Primärdrahte ursprünglich erregt wurden.

Noch ein anderes Princip zur Uebertragung der in oscillirende elektrische Ströme umgesetzten Schallwellen auf dem Geber wurde von W. H. Preece in Anwendung gebracht; dasselbe beruhte auf dem elektrothermischen Effect, insofern bei dem Durchgange eines Stromes durch dünnen Draht eine Erwärmung des

Drahtes und demzufolge eine Ausdehnung, sowie bei Nachlassen der Stromkräfte wiederum eine Abkühlung und Zusammenziehung des Drahtes eintritt. Die Anwendung dieses Princips hat jedoch nur für eine physikalische Curiosität zu gelten, da sich ein solches telephonisches System nicht für den praktischen Gebrauch eignen würde. Auch das elektrostatische Princip hat man für den Betrieb der telephonischen Geber herbeigezogen. Ein derartiges Telephon ist neuerdings von Prof. Dolbear construirt worden; eine Eigenthümlichkeit dieses Instrumentes ist die ausserordentliche Einfachkeit, indem dasselbe nur aus zwei flachen, mit sehr geringer gegenseitiger Entfernung isolirt voneinander in ein Ebonitgehäuse eingespannten kreisrunden Metallscheiben besteht. Wird die eine dieser Scheiben durch eine elektrische Ladung z. B. positiv elektrisirt, so erfolgt durch Induction die negative Elektrisirung der anderen. Durch diesen elektrischen Gegensatz der Scheiben wird eine gegenseitige Anziehung derselben hervorgerufen und das Resultat der Transmittirung telephonischer Ströme ist derartig, dass Schallschwingungen erregt werden und dadurch eine Reproduction der Rede erfolgt.

Dieses Dolbear'sche Telephon soll weniger äusseren Störungen (dem später bei der Leitung zu besprechenden Inductionsgeräusche) ausgesetzt sein als andere Instrumente, und zwar theils deshalb, weil die durch die Linie gehenden Ströme im Secundärdrahte einer Inductionsrolle entstehen und theils deshalb, weil überhaupt kein geschlossener Stromkreis vorhanden ist. Durch beide Umstände wird dem im telephonischen Betriebe äusserst lästigen Inductionsgeräusche entgegengewirkt. Die intensiven Ströme der Secundärspirale lassen sich eher auf-

heben als die direct wirkenden oscillirenden Ströme. Man nahm an, dass ein in den Stromkreis eingeschalteter Condensator eine Unterbrechung des Stromkreises der Inductionsströme zur Folge haben würde, während derselbe — so zu sagen — nur die Undulationen der Vocalströme verstärkt, und dadurch die auf langen Linien durch die Nachbarschaft des Erdbodens herbeigeführte Verzögerung der Signale überwindet. Nun ist aber Dolbear's Instrument selbst ein sogenannter Luftcondensator, indem die beiden entgegengesetzt elektrisirten Metallplatten durch eine dünne Luftschicht voneinander isolirend getrennt sind, daher ist es wohl möglich, dass in diesem Instrumente die beiden obenerwähnten Vortheile: nämlich die Unterdrückung der Inductionsgeräusche und die Verbesserung der Articulation auf langen Linien bewirkt werden, indem damit die in Folge der statischen Induction des Erdbodens herbeigeführte Verzögerung der Ströme bis zu gewissem Grade beseitigt wird. Dass dies wirklich der Fall ist, haben die Versuche nachgewiesen. Die besten Resultate wurden bei einem Plattendurchmesser von etwa 7·5 Cm. unter Anwendung eines stark gespannten Stromes mit 3000 Ohm für den Secundärdraht erreicht. Der Widerstand, durch welchen Dolbear's Geber wirken kann, ist enorm; schon dann trat die Wirkung ein, wenn das Instrument in die Nähe des Endes der Leitung gehalten wurde; selbst bei 7 bis 8 M. Distanz vom Leitungsende hörte die Wirkung noch nicht ganz auf. Es war nicht nöthig, die zweite Platte des Instrumentes mit der Erde zu verbinden, obschon alsdann die Wirkung noch lauter war. Im zweiten Falle sprach das Instrument auch dann, wenn die zweite Platte aus Ebonit hergestellt war und durch leichte Reibung elektrisirt

wurde. Das Instrument wirkte bei feuchtem Wetter durch eine Distanz von 256 englischen Meilen (410 Km.), und zwar eben so gut wie bei trockenem Wetter. Eine Induction der Leitung, durch welche andere Telephone ausser Dienst gesetzt wurden, focht Dolbear's Instrument gar nicht an. Diese Angaben wurden von Professor Dolbear in der „Society of Telegraph Engineers and Electricians" in London gemacht.

Dolbear's als Geber dienendes Condensator-Telephon ist in Fig. 59 im Durchschnitt dargestellt. Zwei Metallplatten *c c* von etwa 5 Cm. Durchmesser sind in einem Gehäuse *d* aus Ebonit (Hartgummi) derartig befestigt, dass sie etwa 2 bis 3 Mm. Zwischenraum haben und voneinander isolirt sind. Die äussere, nach dem Schalltrichter *e* liegende Platte ist im Centrum mit einer kleinen Durchbohrung versehen, und an das Centrum der inneren Platte stemmt sich eine Stellschraube *v* an, welche die Schwingungen dieser Platte verhindert und auch dazu dient, die innere Platte mehr oder minder gegen die äussere Platte auszubiegen und somit die Distanz der Platten entsprechend der besten Wirkung des Instrumentes zu reguliren. Die äussere Platte kann unter der Einwirkung der oscillirenden Ströme frei vibriren. Die vordere Platte ist mittelst einer Schraubenklemme *a* mit der Linie, die hintere Platte mittelst einer zweiten Schraubenklemme *b* mit der Erde verbunden. Wenn nun die Vocalströme vom secundären Stromkreise des Uebertragers

Fig. 59.

(Senders) durch die Linie ankommen, so ertheilen dieselben den Platten entgegengesetzte elektrische Ladungen, genau so, wie dies bei einem gewöhnlichen elektrischen Condensator (z. B. einer Leydener Flasche oder einer Franklin'schen Tafel) der Fall ist. Hieraus folgt, dass die Platten aufeinander mit einer gegenseitigen Anziehungskraft wirken, welche innerhalb gewisser Grenzen mit der Stromstärke variirt; hierdurch wird die vordere Platte in hörbare Schwingungen versetzt und die auf der Fernstation in den mit Dolbear's Geber verbundenen Sender (der nach einem beliebigen, für das Fernsprechen geeigneten telephonischen System construirt sein kann) gesprochenen Worte werden laut und deutlich reproducirt. Das Instrument repräsentirt also im Gegensatz zu dem früher erwähnten singenden Condensator einen sprechenden Condensator. Die Articulation des Dolbear'schen Instrumentes ist gut, jedoch scheint zuweilen dasselbe eine gewisse Veränderung in der Klangfarbe der Töne herbeizuführen. Dieser kleine Uebelstand ist wahrscheinlich diesem Instrument eigenthümlich, aber in den meisten Fällen des telephonischen Telegraphirens von keiner Bedeutung gegenüber dem grossen Vortheile des Eliminirens der Inductionsstörungen.

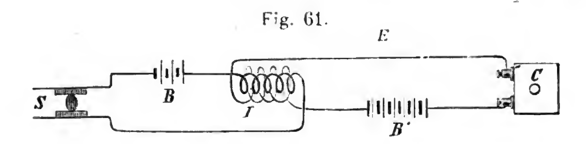
Fig. 60.



Dunand's telephonisches Hör-Instrument (Geber) bietet ein anderes Beispiel der Anwendung des elektrischen Condensators in der Telephonie. Dieses Instrument wird aus 30 bis 36 quadratischen Blättchen

aus Silberpapier (beiderseits verzinntem Papier) von 5 bis 6 Cm. Seitenlänge, welche durch Zwischenlagen von gewöhnlichem oder besser paraffinirtem (mit Paraffin getränktem) Papier getrennt sind, gebildet; das so gebildete Papierpacket wird von beiden Seiten mit einer entsprechend grossen Platte aus Holz oder Ebonit bedeckt, die in der Mitte durchlocht ist; die eine dieser Oeffnungen ist zuweilen mit einem Gummirohr verbunden, um das Hören zu erleichtern. Das Instrument kann jedoch auch für beide Ohren zugleich in der durch Fig. 60 illustrirten Weise zur Anwendung gebracht werden. Jeder der beiden Condensatoren steht mit den beiden Enden der Linie in Verbindung,

Fig. 61.

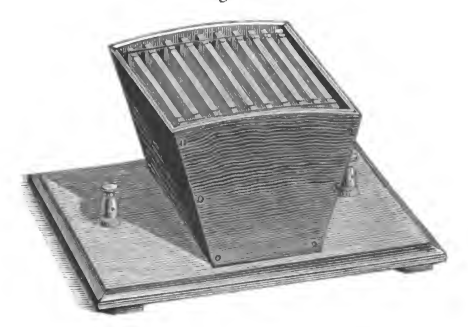


deren zusammengewundene Drähte man vorn über den Kopf des abgebildeten Hörers herabhängen sieht.

Fig. 61 illustrirt die Anordnung des Dunand'schen Telephonsystems. An der Uebertragungsstation befindet sich der Sender *S*, der in diesem Falle durch ein sogenanntes Mikrophon gebildet wird; ferner ist daselbst die Batterie *B* aufgestellt und der Primärdraht einer kleinen Inductionsrolle *J* in den Stromkreis eingeschaltet. Der Secundärdraht der erwähnten Inductionsrolle communicirt mit der Linie *L* und mit einer aus wenigen Elementen bestehenden Batterie *B'*; die beiden freien Enden des Secundärdrahtes sind mit den Armaturen des kleinen Condensators *C* verbunden, welcher den Empfangs-Apparat oder Geber bildet.

Um den Apparat zu so lauter Wiedergabe der telephonischen Sendung zu veranlassen, dass eine grössere Anzahl Personen gleichzeitig dieselbe hören kann, hat Dunand den in Fig. 62 darstellen fächerartig angeordneten Condensator construirt; derselbe ist aus zwölf kleinen Condensatoren zusammengesetzt, die in einen secundären Stromkreis eingeschaltet sind. Die vereinigten Condensatoren stecken in einem conisch nach oben sich erweiternden offenen Kasten, so dass sie mit den unteren

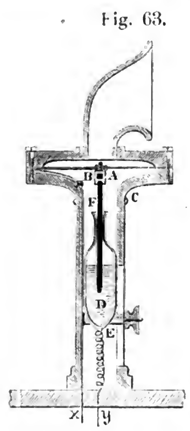
Fig. 62.



Kanten nahezu zusammenstossen, oben aber durch Zwischenräume, die nahezu ihrer Dicke gleichkommen, voneinander getrennt sind. Unter diesen Umständen giebt der Condensator bei Einschaltung von 15 Leclanché-Elementen im Secundärstromkreise (bei *B'* in Fig. 61) die telephonische Sendung so laut wieder, dass man diese in mehr als 1 M. Distanz hören kann; bei Einschaltung von 30 Elementen wird die Hörweite auf 5 bis 6 M. Distanz erhöht. Auch diesem Condensator-Sender wird nachgerühmt, dass er die Sprache laut und klar producire und

dass die Wiedergabe nicht durch das eigenthümliche Schnarren, welches bei Anwendung vibrirender Metallplatten zuweilen sich sehr bemerklich macht, gestört werde. Dieses Schnarren tritt stets ein, wenn man bei Telephonen nach dem Bell'schen Typus die Lautheit der Wiedergabe durch die Vergrösserung des Plattendurchmessers und der relativ leichten Beweglichkeit der Platte erzwingen will.

Fig. 63.



Von eigenthümlicher Construction ist das Hopkins'sche Uebertragungs-Instrument, Fig. 63. Die Schallmembran *A* ist in der Mitte mit einem kleinen Messingnäpfchen *B* versehen, worin ein Kohlenknopf von 4 bis 5 Mm. Durchmesser und Höhe sitzt. Dieser Kohlenknopf ragt zur Hälfte aus dem Messingnäpfchen heraus und sein hervorragender Theil ist mit einem kurzen Papierröhrchen umgeben, welches etwa um 3 Mm. über den Kohlenknopf vorsteht. Zwischen die Messinghülse *B* und die Schallmembran *A* ist ein Streifen Kupferfolie eingelegt, welcher (links in der Figur) sich bis an den Rand der Membran erstreckt und daselbst durch eine am Gehäuse *C* befestigte Feder angedrückt wird; diese Feder steht mit einem Drahte in Verbindung, der durch das Gehäuse herabgeht und unten bei *x* aus dem Boden hervorragt. Das Gehäuse *C* hat in seinem Innern ungefähr 16 Mm. Durchmesser und vom Boden bis zur Membran 100 Mm. Höhe. Im Gehäuse befindet sich eine Art kleiner Flasche *D*,

welche von einem mittelst einer Schraube verstellbaren Ringe *E* getragen wird. Die Flasche hat einen langen, etwa 4 Mm. weiten Hals und einen spitzen Boden, in welchen ein Platindraht eingeschmolzen ist, der unten am Boden des Gehäuses bei *y* hervorragt und mit der Localbatterie in Verbindung steht. Die Flasche *D* ist theilweise mit Quecksilber gefüllt, worin ein aus elektrischer Lichtkohle bestehendes Stäbchen *F* von 3 Mm. Durchmesser und circa 55 Mm. Länge schwimmt, das an den Enden abgerundet und ganz glatt ist. Durch den Auftrieb im Quecksilber wird dieses Kohlenstäbchen am oberen Ende in leichten Contact mit dem Kohlenknöpfchen *B* erhalten. Die Schallmembran, welche aus Marienglas besteht, hat etwa 40 Mm. Durchmesser und ist am Rande fest zwischen gut mit Paraffin getränktes Holz, oder besser Ebonit, eingeklemmt. Die Wirkungsweise dieses Instrumentes ist leicht erklärlich.

Fig. 64.

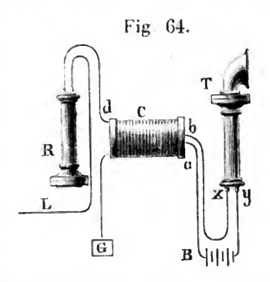


Fig. 64 zeigt die Verbindung dieses Uebertragungs-Apparates mit einem Bell'schen Telephon; *a* und *b* sind die Enden des Primärdrahtes der Inductionsrolle *C*. Der Draht *a* ist mit der Localbatterie *B* verbunden, während der Draht *b* sich an den in Fig. 63 mit *x* bezeichneten Draht des Uebertragungs-Instrumentes *T* anschliesst, das bei *y* mit dem anderen Batteriepole verbunden ist. Ein Ende des Secundärdrahtes der Inductionsrolle geht bei *G* nach der Erde, während der andere Draht *d* mit dem telephonischen Geber (Bell-Telephon) *R* verbunden ist.

Der andere Pol dieses Telephons steht mit der Linie *L* in Verbindung. Die Inductionsrolle *C* besteht aus übersponnenem Kupferdrahte, und zwar ist die Primärspirale aus dem Lagerdrahte Nr. 18 und die Secundärspirale aus der zum Füllen der Rolle genügenden Länge von Draht Nr. 36 der Birminghamer Drahtlehre gebildet; ausserdem ist die Rolle mit einem 10 Mm. dicken Kern aus weichem Eisen versehen.

Will man telephonische Uebertragungs-Instrumente von besonders lauter Wiedergabe herstellen, so ist es nothwendig, die auf sie einwirkenden Ströme in geeigneter Weise zu combiniren. Mit Beachtung dieses Princips hat z. B. Boudet in Paris mittelst seines Papiermembran-Aufnehmers ein gewöhnliches Bell'sches Telephon zum Lautsprechen gebracht und auf dieselbe Weise kann ein Gower'sches oder Siemens'sches Telephon mittelst eines Voltabogen-Aufnehmers (Mikrophons) Worte sehr laut, freilich aber mit schlechter Articulation, wiedergeben. Dr. Herz hat diese Thatsache in merkwürdiger Weise dadurch nachgewiesen, dass er das Gower'sche Telephon mit einem Schalltrichter versah, wodurch dasselbe die Worte so laut wiedergab, dass dieselben in einem grossen Zimmer gehört werden konnten, obschon dabei nur in eine Art Reis'schen Aufnehmers gesprochen wurde. Es ist an diesen Apparaten kaum irgend welche Veränderung der ursprünglichen Construction angebracht worden, nur die elektrische Anordnung wurde so combinirt, dass sie eine starke Wirkung ergab.

Um die Möglichkeit der Verstärkung durch elektrische Mittel zu begreifen, ist daran zu denken, dass — nach Guillemin's Untersuchungen — die von einer Batterie in einer gewissen Zeit gelieferte Elektricitätsmenge relativ

viel grösser ist, als die einer statisch elektrischen Maschine (d. i. einer gewöhnlichen Elektrisirmaschine), so dass ein Condensator von sehr grosser Oberfläche augenblicklich mit der Batterie geladen werden kann, obgleich ein längerer Zeitraum erforderlich sein würde, um diesen Condensator mit einer statisch elektrischen Maschine zu laden.

Es ist wohl wahr, dass die Spannung im letzteren Falle eine viel grössere sein würde, aber die in einer gewissen Zeit condensirte Elektricitätsmenge wird viel kleiner sein; im gedachten Falle (bei dem telephonischen Betriebe) hängen aber die Wirkungen wesentlich von der in das Spiel kommenden Elektricitätsmenge ab.

Es ist hiernach begreiflich, dass durch Anwendung grosser Condensatoren im Stromkreise eines Telephons es möglich sein wird, eine rasche Folge von Ladungen und Entladungen zu erhalten, wodurch grosse Elektricitätsmengen zur Verfügung gestellt werden und eine starke Wirkung auf den telephonischen Empfänger (Geber) erzielt wird.

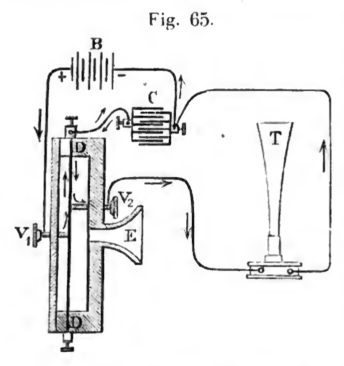
Dies war die Idee des Dr. Herz; um aber das Princip wirksam anzuwenden, fand er es für nöthig, dass der Uebertrager (Sender) bei jeder doppelten Vibration der Schallmembran den Condensator ladet und entladet; dies wird dadurch erreicht, dass an jeder Seite der Schallmembran ein Contact angebracht ist, von denen der eine in Verbindung mit der Batterie steht und der andere einem Contacte an der Armatur des Condensators entspricht, während die Schallmembran selbst mit der zweiten Armatur des letzteren in Verbindung steht.

Eine Skizze dieser Combination ist in Fig. 65 gegeben. Der Empfänger (Geber), hier ein Gower'sches

Telephon mit grossem Schalltrichter T, befindet sich rechts; der Uebertrager (Sender) links; die Batterie steht bei B und der Condensator bei C. Der Sender besteht aus einem Mundstück E und einer Membran D D, die zwischen zwei Contactschrauben V_1 und V_2 angebracht ist, von denen V_1 mit dem Geber T, V_2 mit dem Condensator C verbunden ist.

Im normalen Zustande berührt keine der beiden Contactschrauben die Membran, aber im Momente, wo irgend ein Ton oder Schall in das Mundstück E eindringt, haben die nach V_1 gerichteten Vibrationen die Wirkung, dass die Batterie mit den beiden Armaturen des Condensators in Verbindung gebracht wird, wodurch der Strom nach der Richtung der Pfeile circulirt. Das Resultat hiervon ist, dass die links befindliche Armatur des Condensators durch ihre Verbindung mit dem positiven Pole der Batterie (mittelst der Membran und der Schraube V_1) positiv geladen wird, während die rechts befindliche Armatur durch ihre directe und permanente Verbindung mit dem negativen Pole negativ geladen wird. Im Gegentheil hiervon bewirken die nach rechts gerichteten Vibrationen der Membran D D, in Folge der Aufhebung des Contactes der Schraube V_1 und der Herstellung des Contactes mit der Schraube V_2, die Ver-

Fig. 65.

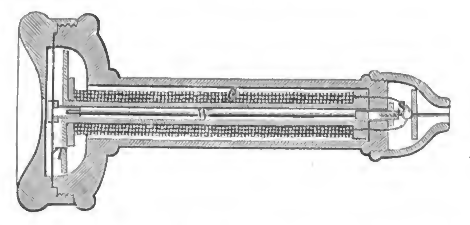


bindung des Condensators mit der Schraube V_2 durch den Stromkreis, in welchem der Geber T eingeschaltet ist. Hieraus resultiren eine Reihe von Entladungen durch den Geber, welche den Unterbrechungen des Stromes durch die Vibrationen der Membran $D\,D$ entsprechen, und diese Entladungen sind unter den eigenthümlichen Bedingungen der elektrischen Kraftwirkung im Stande, die Schallwellen zu reproduciren, durch welche diese Vibrationen verursacht worden sind.

Der von Dr. Herz hierbei in Anwendung gebrachte Condensator besteht aus submarinem Kabeldraht mit einer



Fig. 66.

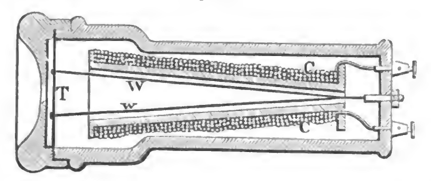


elektrischen Capacität von ungefähr 7 Mikrofarad und die benutzte Batterie ist aus 5 Leclanché-Elementen gebildet.

Eines der neuesten telephonischen Empfangs-Instrumente (Geber) ist das von Prof. Silvanus P. Thompson; es repräsentirt dasselbe eine neue Form des Reis'schen Telephons, in welchem bekanntlich die Ströme in einer Drahtspirale aufgenommen werden, welche eine Eisen- oder Stahlstange (Nadel), beziehentlich einen Draht umgiebt. Die Intensitätsveränderungen der Ströme bringen entsprechende Veränderungen in der Nadel hervor, die — in Folge der so hervorgerufenen molecularen Verände-

rungen — Töne erzeugen. Das Endresultat dieser molecularen Veränderungen ist eine Ausdehnung oder Zusammenziehung der Nadel. Ist die Nadel von Eisen, Stahl oder Kobalt, so wird durch die Magnetisirung eine Verlängerung in der Richtung der Magnetisation bewirkt; bei Nickel findet das Gegentheil statt. In dem bekannten Nadel-Instrumente von Reis sind die so erzeugten Töne nur schwach, einestheils weil die Masse des magnetischen Metalls zu gross ist, um zu gestatten, dass die erforderlichen Veränderungen im Grade der Magnetisirung rasch genug stattfinden und anderentheils, weil die akustische

Fig. 67.



Anordnung mangelhaft ist. Thompson's Instrument ist auf dasselbe Princip des sogenannten galvanischen Tönens basirt, aber es sind dabei die gerügten Mängel des Reis'schen Telephons vermieden.

Die beistehenden Figuren stellen vier Formen des Thompson'schen Instrumentes dar und sind die ähnlichen Theile durchgehends mit denselben Buchstaben bezeichnet.

In Fig. 66 ist eine dünne Eisenstange oder ein Stück Draht von Eisen, Stahl oder Kobalt mit dem einen Ende in der Mitte der aus Glimmer (Marienglas), Horn, Ebonit ober Metallblech u. s. w. bestehenden Membran *T* befestigt; das andere Ende von *W* ist mit der Schraube *S* verbunden, mit welcher man den Draht beliebig spannen

kann. *C* ist eine Drahtspirale, die um ein Rohr von genügender Weite gewunden ist, so dass der Draht frei schwingen kann. Die übrige Einrichtung ist aus der Figur verständlich. Wird der durch die Leitung in die Spirale *C* gesendete Strom in Schwankungen (Undulationen oder Vibrationen) versetzt, so ändert die magnetische Stange ihren magnetischen Zustand, wobei sie sich abwechselnd verlängert und verkürzt; hierdurch wird die Membran *T* in entsprechende Schwingungen versetzt, welche in der anstossenden Luft die Schallwellen erregen. Bei der Anordnung in Fig. 67 sind zwei Drähte *W W* mit der Membran verbunden und vereinigen dieselben sich nach der entgegengesetzten Richtung unter spitzem Winkel. In Fig. 68 sind die Enden des Centraldrahtes mit magnetischen Massen *MM* verbunden, um eine stärkere Magnetisirung zu bewirken. Bei der Anordnung in Fig. 69 ist das Gehäuse mit einer bequemen Handhabe und einer Höhlung zur Verstärkung des Schalles versehen.

Fig. 68.

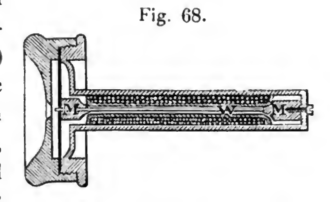
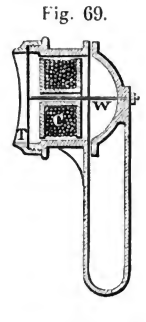


Fig. 69.



Schliesslich sei noch bemerkt, dass man auch die Thermoströme zur Telephonie benutzt hat. Einen derartigen Apparat hat seinerzeit Franz Kröttlinger in Wien[1]) construirt. Das dabei befolgte Princip drückt derselbe in dem folgenden Satze aus:

[1]) Zeitschrift für angewandte Elektricität.

„Ein heisser Luftstrom, von unten nach oben fliessend, wird durch die menschliche Stimme von seiner Richtung mehr oder weniger abgelenkt und erregt eine daneben befindliche Thermosäule, deren Ströme ein Hörtelephon durchfliessen."

Es ist dieser Apparat in physikalischer Beziehung ganz interessant, aber ohne praktischen Werth.

V.

Das Mikrophon.

Es wurde bereits im vorigen Abschnitte darauf hingewiesen, dass man durch Einschaltung eines losen Contactes, insbesondere eines Kohlencontactes, in den Stromkreis eines telephonischen Systems eine vortreffliche Umsetzung der Schallwellen in elektrische Ströme und damit eine sehr geeignete telephonische Uebertragung erzielen kann. Von verschiedenen Erfindern wurde diese Thatsache seit dem Jahre 1876 bereits mit Vortheil für die Zwecke der Telephonie in Anwendung gebracht, in ein wirkliches System fasste jedoch erst 1878 der in London lebende Amerikaner Prof. D. E. Hughes, der Erfinder des Typendrucktelegraphen, die hierher gehörigen Erscheinungen zusammen, indem derselbe entdeckte, dass gewisse ungleichartige (nicht homogene) Substanzen bei der Einschaltung in den Stromkreis einer galvanischen Batterie Schallschwingungen in elektrische Stromwellen umzusetzen vermögen, und dass man auf diese Art in den Stand gesetzt werde, nicht nur Töne und Worte, sondern auch an und für sich vollständig unhörbare Geräusche so zu verstärken, dass dieselben mittelst eines in

denselben Stromkreis in grosser Entfernung als Geber eingeschalteten Bell'schen Telephons deutlich hörbar zu machen sind. Da hiernach ein nach diesem Systeme construirter Apparat im Gebrauche für das Gehör eine analoge Rolle übernehmen kann, wie dies das Mikroskop für das Auge thut, so hat Hughes diesen Apparat, der sich in fast unzählbar verschiedenen Anordnungen und Combinationen ausführen lässt, ein Mikrophon genannt.

Hughes liess seine Entdeckung und Erfindung am 9. Mai 1878 der Royal Society in London durch Prof. Huxley vorführen und reichte der Physical Society daselbst eine am 8. Juni vorgelesene Abhandlung ein, worin er als das Wesentliche seines Mikrophons das Vorhandensein eines Leiters in einem Stromkreise bezeichnet, welcher seinen Widerstand genau in Einklang mit tönenden Schwingungen zu ändern vermag; als für den Zweck geeignete Substanzen bezeichnete Hughes Leiter in Pulverform, z. B. Feilspäne, ferner Leiter in Flächenform, die einem ganz schwachen Contactdrucke ausgesetzt werden, dessen Grösse sich nach der Tonstärke zu richten hat und der mit dieser wachsen muss, wenn der Maximaleffect erreicht werden soll. Während bei schwachem Drucke durch die in Folge der Erschütterungen sich einstellenden zeitweisen Contactaufhebungen Stromunterbrechungen eintreten, welche sich an den Schwankungen der Nadel eines eingeschalteten Galvanometers erkennen lassen, werden mit zunehmendem Drucke die Töne lauter und heller und der Galvanometer bleibt ruhig, bis endlich bei einer gewissen Druckstärke die Töne wieder schwächer werden und endlich ganz aufhören. Ein derartiger, als Mikrophon bezeichneter Apparat eignet sich übrigens besser für die Uebertragung mechanischer Erschütterungen,

welche direct auf denselben übertragen werden, als für die blosse Erregung der Luftwellen, welche dem Gehör die Töne übermitteln, daher wird eine direct auf einen Theil des Apparates aufgestellte Spieldose oder das Ticken einer mit dem Apparate verbundenen Uhr viel deutlicher gehört, als wenn man Spieldose oder Uhr dem Apparate ohne Contact mit demselben nahe bringt; selbst eine am Apparate laufende Fliege bringt ein telephonisch hörbar zu machendes Geräusch hervor.

Als Ursache dieser Wirkungen nimmt Hughes hauptsächlich die Bildung zahlreicher neuer Contactstellen an den in den telephonischen Stromkreis eingeführten Kohlenelektroden an [1]) und stellt sich damit in einen gewissen Gegensatz zu Edison, welcher die mikrophonische Wirkung auf Druckdifferenzen begründet wissen will. [2]) Auch andere Elektrotechniker, wie Du Moncel und de Locht-Labye haben sich zu Edison's Ansicht geneigt erklärt. [3]) Nach neueren, von Shalford Bidwell angestellten Untersuchungen hat man guten Grund zu der Annahme, dass es die Wärme ist, welche bei dem Uebergange des elektrischen Stromes zwischen den Punkten des unvollkommenen Contactes gebildet wird und welche den Leitungswiderstand der Contacte verändert. Die Kohle tritt hierbei in merkwürdigen Gegensatz zu anderen Körpern, denn indem z. B. Metall seinen Widerstand gegen den Durchgang des elektrischen Stromes mit steigender Temperatur erhöht, nimmt bei der Kohle, gerade so wie bei dem

---

[1]) Ferrini, Technologie der Elektricität und des Magnetismus, aus dem Italienischen übersetzt von M. Schröter. Jena 1879.

[2]) Le Microphone. Paris 1882.

[3]) La Téléphonie, sa théorie et ses applications. Paris 1880.

Glase, der Leitungswiderstand mit der steigenden Temperatur ab.

Im Allgemeinen ist der Leitungswiderstand der Mikrophone sehr verschieden; einige ergeben 10, andere 25 Ohms und einige sogar 125 Ohms. Die besten mikrophonischen Uebertragungs-Instrumente oder Sender haben circa 20 Ohms Widerstand.

Man hat versucht, die beste Form und Anordnung der Mikrophone durch die mathematische Analyse zu bestimmen, ohne damit zu einem auch nur halbwegs befriedigenden Resultate zu gelangen. Nach der zur Zeit aufgestellten Theorie müsste man einen Kohlenübertrager mit dem möglich geringsten Leitungswiderstande herstellen, aber die Praxis spricht dagegen. Die jetzige Theorie hat ferner ergeben, dass der Widerstand der Secundärspirale einer Inductionsrolle gleich dem Widerstande der Leitung (Linie), in der sie arbeitet, sein soll, aber die Praxis weist das Gegentheil nach. Auf einer Linie von 1800 Ohms Widerstand werden — nach Henry Preece — die besten Resultate mit einem Secundärdrahte von nur 30 Ohms Widerstand erzielt. Aus alledem geht sicher hervor, dass die Wärme-Entwicklung im Mikrophon und die Selbstinduction (Extraströme) in der Inductionsrolle sehr complicirte Erscheinungen sind, in die man noch keineswegs so viel Einsicht erlangt hat, um die dadurch erzeugten Wirkungen in mathematischen Formeln ausdrücken zu können.

Wie schon oben bemerkt wurde, erhoben auch andere Erfinder mit Recht den Anspruch, telephonische Apparate nach dem von Hughes entdeckten Principe bereits vor dessen Bekanntmachung seiner Erfindung hergestellt zu haben. Ausser Edison sind hier zu nennen

Dr. Robert Lüdtge in Berlin und E. Berliner in Boston, ehemaliger Beamter der American Bell Telephonie Company. Lüdtge erhielt bereits am 12. Januar 1878 ein deutsches Reichspatent auf sein Universaltelephon, auf welches wir später näher eingehen werden; hier jedoch möge der Theil seiner Patentbeschreibung Platz finden, wodurch seine Priorität wenigstens in einem gewissen Sinne bewiesen wird.

In Lüdtge's Patentbeschreibung wird das Wesen des Mikrophons folgendermassen sehr treffend geschildert:

„Wenn man in dem Stromkreise einer Batterie eine Unterbrechungsstelle hervorbringt, etwa durch ein einfaches Zerschneiden des Leitungsdrahtes, und die beiden Schnittflächen gegeneinander legt, so ist freilich der Strom wieder geschlossen; jedoch findet an der Schnittfläche ein Uebergangswiderstand statt, der um so geringer wird, je stärker man die beiden Schnittflächen aneinander drückt . . . . Construirt man die eine Schnittfläche nun so, dass sie durch Sprechen oder andere Geräusche in Schallschwingungen versetzt wird, so wird sie gegen die andere berührende Schnittfläche verschieden drücken, je nach Intensität und Form der einzelnen Schwingung. Der Uebergangswiderstand an dieser Stelle wird genau durch Intensität, Form und Anzahl der Schallschwingungen der tönenden Schnittfläche in seiner Grösse beeinflusst und bestimmt, mithin auch die Intensität des im Stromkreise vorhandenen Batteriestromes . . . . und ein in den Stromkreis eingefügtes Bell'sches Telephon wird der Amplitude der Schallschwingung entsprechende Vergrösserung der Intensität des Stromes wieder in die entsprechende Schallwirkung übersetzen. Im Bell'schen Telephon als Empfangs-Apparat wird man alle die Schwingungen hören, welche von der einen Schnittfläche an der Unterbrechungsstelle als Aufgabe-Apparat ausgeführt werden, und zwar mit allen Feinheiten, da kein Schliessen und Oeffnen des Stromes, sondern ein An- und Abschwellen der Intensität stattfindet . . . .

Bei der Construction sollen die beiden — bisher als Schnittflächen bezeichneten — Enden der Unterbrechungsstellen in

dauernder Berührung miteinander sein, so dass der Stromkreis stets geschlossen ist; sie dürfen sich aber nur so berühren, dass an der Berührungsstelle ein merklicher Uebergangswiderstand der Elektricität stattfindet und dass die Innigkeit dieser Berührung sich ändert, sobald das eine der beiden Enden oder beide in Schallschwingung gerathen. Die Berührung darf auch deswegen nicht eine zu innige sein, damit die Schallschwingungen des einen Endes wenigstens merklich stattfinden können."

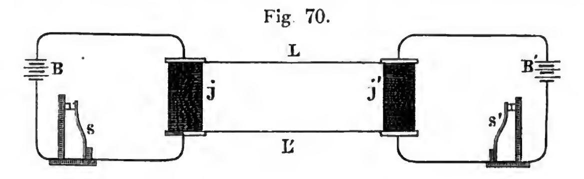
Von den der Patentbeschreibung beigegebenen Abbildungen des Aufgabe-Apparates (Senders) zeigt die erste ein rundes, ebenes, in einem Holzringe befestigtes Blättchen aus Eisen- oder Zinkblech, versilbertem Glas oder dergleichen Material von 2 bis 10 Cm. Durchmesser und bis 1 Mm. Dicke, das durch einen Draht mit der Batterie verbunden ist; gegen dieses Blättchen wird ein mit dem anderen Batteriepole verbundener, im übrigen isolirter Metallstift mittelst eines Mikrometerstativs und einer sehr feinen Mikrometerschraube in ganz leichte Berührung gebracht und dadurch der das Telephon enthaltende Stromkreis geschlossen. Ausserdem sind noch einige Modificationen dieser Anordnung beschrieben; die sämmtlichen Constructionen lassen sich auch als Releis benutzen.

E. Berliner erhielt sein amerikanisches Patent auf einen mikrophonischen Apparat noch etwas früher, nämlich am 16. October 1877. Sein Apparat wird folgendermassen beschrieben:

An den beiden Stationen befinden sich zwei Inductionsrollen j und j' (Fig. 70); der Stromkreis der Leitung $L L'$, durch welche die Inductionsströme geführt werden, entspricht der Secundärspirale der Inductionsrolle j', deren Primärspirale mit dem Aufnahms-Apparat oder Geber s und einer Localbatterie B in Verbindung steht. Der Geber s wie der Sender s' bestehen aus einer

schwingenden Membran mit Kohlencontact, ähnlich dem Edison'schen Kohlentelephon; die Hauptsache liegt in der Anwendung der Inductionsrolle zur Verstärkung der telephonischen Töne, sowie darin, dass Geber und Sender von gleicher Construction sind; die Kohlen des Gebers *s* werden durch die Batterie *B* und die Kohlen des Serders *s'* durch die Batterie *B'* positiv und negativ polarisirt und die zwischen den beiden Spiralen der Inductionsrolle *j'* unter dem Einflusse der durch die Inductionsrolle *j* übertragenen Stromwellen ausgewechselten Reactionen bestimmen die Veränderungen der Potentialdifferenz im Localstromkreise um so kräftiger zur Schalltransmission,

Fig. 70.



als sie durch die Verstärkungen und Abschwächungen einer permanenten elektrischen Ladung hervorgerufen werden. Berliner wies nach, dass die Intensität der so reproducirten Schallwellen im Verhältniss zur Stärke der Localbatterie *B'* stand und er erklärte die Vorzüge seiner Anordnung, indem er darauf aufmerksam machte, dass eine polarisirte Armatur viel empfindlicher gegenüber den elektromagnetischen Wirkungen ist als eine Armatur aus weichem Eisen, und dass deshalb auch extra polarisirte Kohlen den auf sie einwirkenden Einflüssen der Stromwellen in entsprechend stärkerem Grade unterliegen müssen, als Kohlen, die sich im natürlichen Zustande befinden. Es scheint, dass Berliner diesem Gedanken

anfänglich keine sehr grosse Wichtigkeit beilegte, jedoch ist derselbe der Ausgangspunkt zahlreicher Verbesserungen des Telephons geworden. Mit der beschriebenen Anordnung liessen sich wirklich Worte in die Ferne übertragen, obschon die Wirkung keine besonders starke war.

Nach diesen Bemerkungen, durch welche wir auch anderen Erfindern mikrophonischer Apparate gerecht werden wollten, kehren wir zur der Erfindung des Prof. Hughes zurück, welcher — wie schon angedeutet wurde — die Sache zuerst systematisch behandelt und die mikrotelephonische Wirkung genau präcisirt hat.

In seiner Vorlesung vor der Physical Society erläuterte Hughes auch die vielseitige Verwendung des Mikrophons für medicinische, chirurgische und rein wissenschaftliche Zwecke. Schon damals wies er darauf hin, dass das Mikrophon wichtige Dienste bei Steinoperationen durch Erleichterung des sonst sehr schwierigen Auffindens der Steintrümmer in der Harnblase zu leisten vermag, ferner aber auch sich zur Auffindung von Knochensplittern, Gewehrkugeln und anderen im Körper befindlichen gefährlichen Objecten benutzen lässt.

Zum Nachweis der mikrophonischen Wirkung führte Hughes in der erwähnten Vorlesung die folgenden Versuche aus.

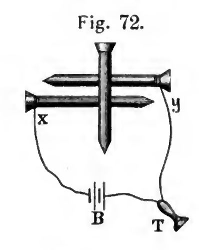
Ein etwa 8 Cm. langes Glasrohr, das mit unechter Silberbronze gefüllt und beiderseits mit Pfropfen aus Gaskohle, in welche die Enden eines Batteriestromkreises mit eingeschaltetem Galvanometer eingeführt waren, so geschlossen wurde, dass die Pfropfen leicht gegen das metallische Pulver drückten, ergab beim Ziehen oder Zusammenpressen mit den an beiden Rohrenden anfassenden Händen einen starken Ausschlag des Galvanometers.

Wurde dieses Rohr auf einen an dem einen Ende offenen Resonanzkasten (Fig. 71) gelegt und verband man die Drahtenden x und y durch ein Bell'sches Telephon T hindurch mit einer aus drei kleinen Daniell'schen Elementen bestehenden Batterie B, so erhielt man einen höchst einfachen telephonischen Apparat, indem alle in den Kasten gesprochenen Worte aus dem beliebig entfernten Telephon wieder erklangen.

Fig. 71.

Verwendet man statt des erwähnten Glasrohres präparirte Zeichenkohle, welche bis zum Weissglühen erhitzt und alsdann in Quecksilber abgelöscht worden ist, so erhält man dieselben Resultate; ebenso kann man Holzkohle, die mit Platinchlorid getränkt worden ist, in Stab- oder Pulverform (in letzterer Form in ein Glasrohr gefüllt) verwenden, oder auch Kohle, die mit Eisen metallisirt wurde, benutzen. Schon Edison soll solche metallisirte Kohle bei seinem Kohlentelephon verwendet haben.

Fig. 72.



Ferner sind die geschilderten Erscheinungen auch mit einem Glasrohr, das Bleischrot enthält, zu erhalten, so lange das Schrot eine rein metallische Oberfläche besitzt; dagegen hört die Wirkung auf, sobald das Schrot sich mit Oxyd überzieht.

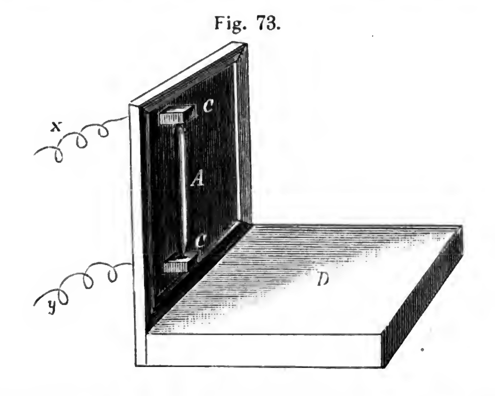
Auch durch übereinander gelegte Drahtstifte (Fig. 72), welche bei x y in ähnlicher Weise wie bezüglich Fig. 71

angegeben wurde, verbunden sind, lässt sich die geschilderte mikrophonische Wirkung erzielen.

Sein empfindlichstes Mikrophon stellte Hughes in der duch Fig. 73 illustrirten Anordnung her.

Ein kleines Stäbchen aus Gaskohle *A*, wie solche für elektrische Lampen verwendet wird, ruht mit seinen beiden zugespitzten Enden in den Höhlungen zweier Kohlenstückchen *CC*, welche an einem verticalen Resonanz-

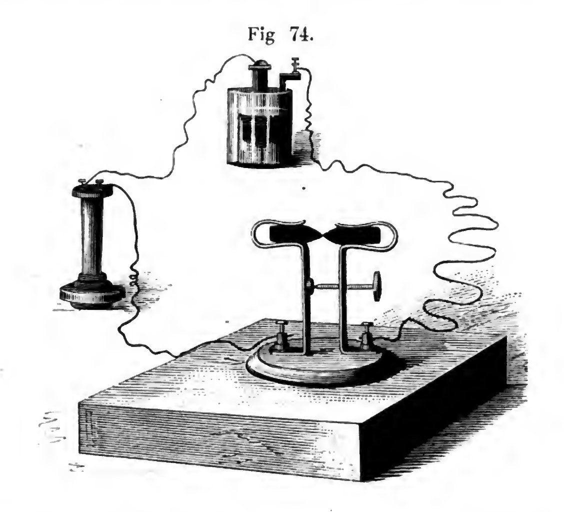
Fig. 73.



boden befestigt sind, der mit einem Brett zum festen Aufstellen versehen ist. Mit diesem Apparat, dessen Kohlen durch die Drähte *x* und *y* mit einer Batterie und einem telephonischen Sender (Bell's Telephon) verbunden sind, kann man nicht nur Töne und Worte laut und deutlich in die Ferne übertragen, sondern selbst die leiseste Berührung des Resonanzbodens, z. B. durch Anstreichen mit einem feinen Haarpinsel, oder durch ein darüber laufendes Insect, ist in der Ferne durch das Telephon als lautes Geräusch vernehmbar.

Um mit diesem Apparate die Maximalleistung zu erhalten, ist eine gewisse Adjustirung des Kohlenstäbchens zwischen den Kohlenhaltern erforderlich, wobei das Stäbchen am besten etwas schräg, mit den Spitzen an den Rändern der Höhlungen, ansteht; die richtige Stellung lässt sich leicht durch Probiren mit dem Telephon aus-

Fig 74.



findig machen und ist erreicht, wenn dieses am lautesten tönt.

Fig. 74 stellt eine andere mikrophonische Vorrichtung mit Batterie und Telephon dar, wobei zwei gegeneinander stossende Kohlenspitzen zwischen zwei regulirbaren Klemmen befestigt sind. Anstatt des einen in der Figur angegebenen Zink-Kohlen-Elements (Leclanché-Elements) benutzte Hughes drei kleine Daniell-Elemente. Wird auf

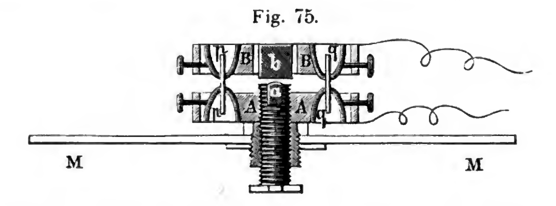
den Resonanzkasten des Apparates eine Taschenuhr gelegt so kann man durch das Telephon das Tiktak der Uhr in verstärktem Grade hören, und zwar genügt es hierbei, wenn das Telephon nur mit dem einen Leitungsdrahte verbunden und der andere Draht bis auf eine gewisse Entfernung genähert wird. Schon wenn die Entfernung der beiden Drähte noch 1 M. beträgt, wird das Ticken der Uhr durch das Telephon vernehmbar, wobei das Mikrophon mit der Uhr beliebig weit davon steht. Je mehr man die Drähte einander nähert, desto lauter wird das Gesäusch und schliesslich lauter als in der Uhr selbst.

Schon vor dem Bekanntwerden des Hughes'schen Mikrophons hatte sich — wie bereits erwähnt wurde — Dr. Robert Lüdtge in Berlin unter der Bezeichnung „Universaltelephon" ein mikrophonisches Instrument patentiren lassen, welches neuerdings von ihm so vervollkommnet worden ist, dass es für das telephonische Sprechen auf Staatslinien und in der Haushaltung allen billigen Anforderungen genügt. Die lästigen Nebengeräusche anderer Telephone, wie sie in dem bekannten Knistern und Schnarren öfter auftreten, sind beseitigt und das aufgegebene Wort wird auf der Empfangsstation vollkommen klar und so laut reproducirt, dass man bei normalem Gehör das als Geber dienende Bell'sche Telephon in einiger Entfernung vom Ohre halten muss, weil sonst der laute Schall empfindlich wirkt; dieser lauten Wiedergabe wegen ist daher für Schwerhörige die Benutzung des Lüdtge'schen Senders zu empfehlen. Das Instrument wurde als mikrophonischer Sender zwischen Berlin und Magdeburg bis auf 500 Km. Entfernung benutzt, und hat sich dabei sehr gut bewährt, indem vollkommen verständlich gesprochen werden konnte und

die Abnahme der Schallstärke so gering sich zeigte, dass dasselbe auch noch auf viel grössere Distanzen anwendbar ist. Ein besonderes Anrufsignal ist nicht erforderlich, indem durch die Berührung des Lüdtge'schen Mikrophons mit einem Bell'schen Telephon auf beiden Stationen ein reiner, tiefer, durchdringender Ton, der dem Schall eines Nebelhorns sehr ähnlich ist, erzeugt werden kann.

Der wesentlichste Theil des Lüdtge'schen Universaltelephons wird durch den Contact zwischen zwei elektrisch

Fig. 75.



leitenden festen Körpern gebildet, die am besten aus Kohle, Eisen oder Platin bestehen.

Fig. 75 zeigt die Hauptheile des Apparates in der Seitenansicht, Fig. 76 in der Oberansicht und Fig. 77 den Durchschnitt des ganzen Instrumentes. Die beiden Contactkörper sind in Fig. 75 mit *a* und *b* bezeichnet; das eine Contactstück *b* ist an der Contactstelle eben, das andere *a* kugelig abgerundet. Die Veränderungen des Contactwiderstandes, welche der Strom während des Sprechens an dieser Contactstelle erfährt, bewirken entsprechende Schwingungen der Platte des Empfangstelephons (Gebers), mithin die Wiedergabe der in das Mikrophon hineingesprochenen Worte. Charakteristisch für dieses Mikrophon ist die Verbindung der beiden zu

einem System vereinigten Contactstücke *a* und *b* mit der Membran *M*, auf deren Mitte die Contactstücke sitzen und somit beide an den Schwingungen der Membran vollständig theilnehmen.

Aus Fig. 75 ist ersichtlich, dass das Contactstück *a* in der viereckigen Messingfassung *A* und das Contactstück *b* in einer ähnlichen Fassung *B* befestigt ist; *A* und *B* sind durch zwei Kautschukstreifen *p* und *q* miteinander fest verbunden; hierdurch sind die unwesentlichen und störenden Totalschwingungen der Schallmembran, wodurch sonst leicht Unannehmlichkeiten, wie Funkenbildung und Knistern, herbeigeführt werden, unschädlich gemacht. Durch die beiden Kauschukstreifen *p* und *q* wird bewirkt, dass die den einzelnen Sprachlauten charakteristischen Partialschwingungen sich gut reproduciren, indem das Kautschuk bekanntlich zu den Körpern gehört, welche der Fortpflanzung der Schallschwingungen einen bedeutenden Widerstand entgegensetzen. In Folge dieses Widerstandes werden die Schallschwingungen zusammengehalten; dieselben gelangen zuerst vollständig und ungeschwächt von der Schallmembran nach dem Con-

Fig. 76.

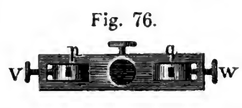
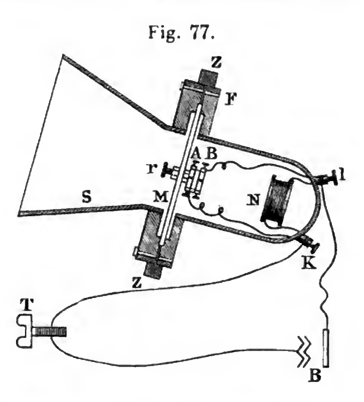


Fig. 77.



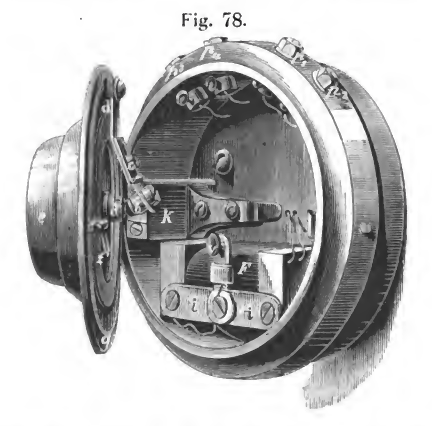
tactstück *a*, worauf sie die Kautschukstreifen *p* und *q* passiren müssen, um nach dem anderen Contactstück *b* zu gelangen. Hierbei werden aber die Schallschwingungen in ihrer Intensität beträchtlich vermindert, beziehentlich vernichtet; dadurch entstehen zwischen *a* und *b* Schallschwingungsdifferenzen und es wird die Innigkeit des Contactes, mithin auch der Uebergangswiderstand, geändert und der Empfangs-Apparat giebt vorzugsweise die charakteristischen Partialschwingungen, und zwar ganz klar, ungestört wieder. Die Schräubchen *V* und *W* (Fig. 76) dienen dazu, durch Zusammendrücken der Kautschukstreifen *p* und *q* die dämpfende Kraft derselben und somit die Empfindlichkeit des Apparates zu reguliren.

Aus Fig. 77 ist die Linienschaltung ersichtlich. *S* ist der Schallbecher, *M* die Holzmembran, *F* deren Fassung, *Z* der Zapfen zum drehbaren Aufhängen des Apparates in einem Stativ, *A* und *B* sind die beiden Contacthülsen; *r* ist eine Schraube, welche durch Bewegen des einen Contactstückes die grobe Einstellung besorgt; *N* ist eine Nebenschliessung, *K* und *l* sind Schraubenklemmen zum Befestigen des Leitungsdrahtes, *B* ist die Batterie, *T* das Empfangstelephon (der Geber). Die feine Einstellung des Instrumentes wird durch Drehen des ganzen Apparates um eine horizontale Achse in den Zapfen *Z* bewerkstelligt. Die Empfindlichkeit des Apparates ist so gross, dass durch die diese Drehung bewirkte geringe Druckveränderung zwischen *A* und *B* der Contact sofort regulirt wird.

Berliner's Mikrophon, welches von der American Bell Telephone Company ausgeführt wird, ist in Fig. 78 im halbgeöffnetem Zustande dargestellt.

Das Instrument ist einfach und compact und kann nicht leicht ausser der Ordnung kommen. Die Eigenthümlichkeit liegt in Anordnung der Kohlencontacte; die eine Kohle *a* dieses Contactes ist in der Mitte der Schallmembran befestigt, während die andere Kohle *b* in einer Hülse sitzt, die von einem mit Scharnier versehenen Messingstreifen *c* getragen wird, welcher an einem an der Hinterseite des Schallbechers *e* angebrachten Arme

Fig. 78.



d befestigt ist. Die in dieser Weise angeordnete Kohle hängt demnach beweglich herab und legt sich mit ihrem rundlichen Ende leicht auf das flache Ende der ersten Kohle auf. Der erwähnte Arm hat einen doppelten Zweck, indem er einestheils die bewegliche Kohlenelektrode trägt und andererntheils die Schallmembran an der Rückseite des eisernen Schallbechers befestigt. Die Schallmembran ist um den Rand herum mit weichem Gummi *g* bedeckt und vom Schallbecher durch einen Pappring getrennt.

Der eiserne Schallbecher *e* ist durch ein Scharnier mit einem Gussstück *k* verbunden, welches in einer kreisrunden Büchse befestigt ist; diese Büchse enthält die Inductionsrolle *I* und die Schraubenklemmen p_1 p_2 p_3 p_4 für die Liniendrähte und die Erdleitung.

Vor der Inductionsrolle *I* ist eine mit dem Batteriedrahte verbundene Platte *i* angebracht, welche eine Feder *f* trägt, die an ihrem freien Ende mit einer Schraube *v* versehen ist; diese Schraube drückt mit ihrem Kopfe gegen eine andere Feder *f'*, die auf der Mitte der Schallmembran sitzt und sowohl den Dienst eines Dämpfers als auch den eines Conductors verrichtet, durch welchen der Strom der ebenfalls auf der Mitte der Membran sitzenden Kohlenelektrode *a* zuführt. Der Batteriestrom tritt in die eine Schraubenklemme p_1 ein, geht durch den Primärdraht der Inductionsrolle und durch die beiden Federn *f* und *f'* in die feste Kohlenelektrode, durch die Membran und Schallbecher, ferner durch das Scharnier und zurück durch eine Schraubenklemme p_2 nach der Batterie.

Durch die Oscillationen der durch die Stimme erregten Schallmembran wird der Contact der Kohlenelektroden in Schwankungen versetzt; diese Contactschwankungen rufen im Stromkreise der Primärspirale entsprechende Stromschwankungen hervor und durch diese Schwankungen des die Spirale durchlaufenden Batteriestromes werden in der Secundärspirale intensive Stromwellen inducirt, welche sich durch die Linie nach dem telephonischen Geber fortpflanzen.

Die mit diesem mikrophonischen Sender verbundenen übrigen telephonischen Hülfsmittel, wie Anrufer oder Lautwerk und dergleichen, können von gewöhnlicher

Form sein. Das Instrument arbeitet mit jedem der gebräuchlichen Hörtelephone (Geber) guter Construction ganz vorzüglich und ist deshalb auch sehr verbreitet.

Wird dieses Mikrophon für lange Linien verwendet, so muss die hängende Kohlenelektrode genügend schwer gemacht werden, um durch innigeren Contact den Widerstand im Localstromkreise zu überwinden und die Stromschwankungen in der Primärspirale zu verstärken.

Die Enden des Secundärdrahtes der Inductionsrolle sind durch die beiden Schraubenklemmen p_3 p_4 verbunden, von denen die eine in der bei telephonischen Anlagen üblichen Weise mit der Linie, die andere mit der Erde in Verbindung steht.

Ein für telephonische Zwecke sehr bequemes und empfindliches Mikrophon hat L. de Locht-Labye construirt; [1]) derselbe bezeichnet sein System als Pantelephon. Das Pantelephon ist weiter nichts als ein mikrophonisches Uebertragungs-Instrument, welches so empfindlich ist, dass dasselbe schon durch solche Schallwellen erregt wird, welche selbst aus grösserer Entfernung (der Erfinder spricht von mehreren hundert Metern) gegen dasselbe gesendet werden. Im telephonischen Verkehr giebt dieses Mikrophon die aus 20 M. Distanz gegen dasselbe gesprochenen Worte durch den telephonischen Geber deutlich und klar wieder.

Das Pantelephon besteht im Wesentlichen aus einer grossen beweglich aufgehängten Platte *dd* (Fig. 79) aus Aluminium, dünnem Eisenblech, Messingblech, Marienglas, für gewöhnlich aber aus Kork, welche rechteckig **10** bis

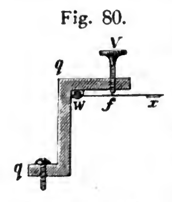
---

[1]) La Téléphonie, sa théorie, ses applications. Le Pantéléphone par L. de Locht-Labye. Paris 1880.

15 Cm. Seitenlänge und — wenn von Metall — 0.2 bis 0.3 Mm. Dicke hat. Jedenfalls muss die Platte genügend steif sein und darf sich nicht durch Feuchtigkeit verziehen; dieselbe ist an einer glatt abgehobelten, auf dem in verticaler Lage befestigten Brette *a a* angebrachten Metallleiste *s s* mittelst zwei sehr geschmeidigen stählernen Blattfedern *r r* angehängt. In der Mitte der unteren Kante der Platte ist eine kleine Kohlenscheibe befestigt, welche sich bei der verticalen Lage der Platte gegen eine kleine Lamelle *x* aus Silber oder Platin (Fig. 80) lehnt, die am Ende einer kurzen etwas steifen Blattfeder *f* angebracht ist. Diese Feder ist mittelst der Schraube *w* an einem messingenen Winkelstück *q q* befestigt. Neuerdings verwendet Locht-Labye anstatt der Feder einen Platindraht von ungefähr 1 Mm. Durchmesser und 5 Mm. Länge, welcher in der Querrichtung so angeordnet ist, dass er von der Kohle berührt wird. Mittelst der Schraube *V* kann die Feder *f* in mehr oder minder innigen Contact mit der Kohle gebracht werden.

Fig. 79.

Fig. 80.



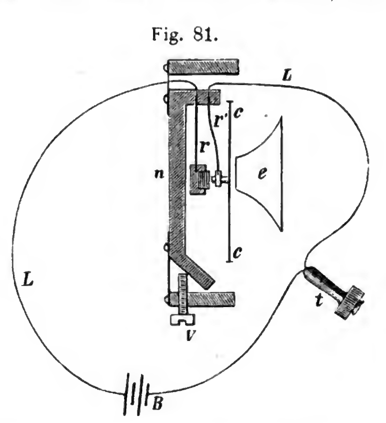
Das Pantelephon ist dergestalt in den Stromkreis einer galvanischen Batterie eingeschaltet, dass beispielsweise der Strom bei *L* in den Träger *q* eintritt und von da in die Feder *f* durch den Contact bei *x* die Kohle

und, wenn die Platte aus einem nichtleitenden Material besteht, durch die Drähte *n*, die Federn *r* und die Leiste *s s* geht, worauf der Strom bei *T* austritt.

Wir werden bei der Besprechung der Telephonanlagen ausführlicher auf das de Locht'sche Telephon zurückkommen.

Blake's Mikrophon (Fig. 81) besteht aus zwe Kohlenstücken, welche von zwei Federn *r* und *r'*, die als Leiter für den Strom der Batterie *B* dienen, getragen und mit einem sanften Drucke gegeneinander gepresst werden. Die beiden Federn *r r'* sind an einem beweglichen Metallstück *n* befestigt, das mittelst der Stellschraube *V* gehoben und gesenkt und dabei zugleich etwas seitlich bewegt werden kann, indem diese Schraube sich gegen eine an *n* angebrachte schiefe Ebene stützt; auf diese Weise können die Kohlenstücke in mehr oder minder innigen Contact mit der Membran *c c* gebracht werden, vor welcher sich das Mundstück *e* befindet. Die Anordnung dieses Mikrophons ist also im Princip ähnlich derjenigen des Berliner'schen Instrumentes.

Fig. 81.



Ein sehr empfindlicher Empfangs-Apparat ist Crossley's Mikrophon, welches Fig. 82 und 83 von unten und

im Querschnitt darstellt. Dieses Instrument besteht aus einem dünnen Brettchen *D* von Tannenholz, welches sich unter-

Fig. 82.

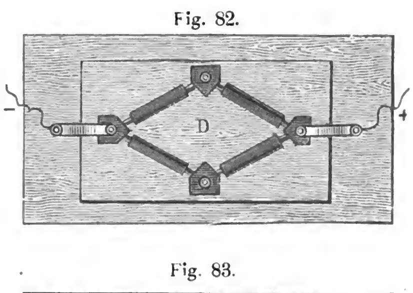
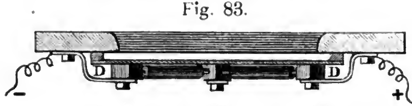
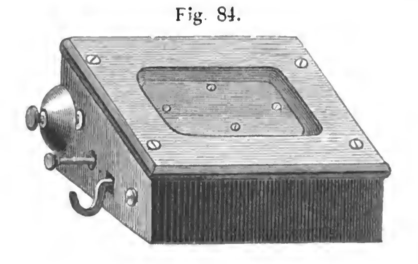


Fig. 83.



halb des viereckigen Ausschnittes eines starken Rahmens befindet, welcher den pultartigen Deckel eines Kästchens

Fig. 84.



(Fig. 84) bildet, worin sich der Apparat befindet. Unterhalb des dünnen Resonanzbrettchens befinden sich in rhomboidaler Anordnung vier Kohlenstäbchen, welche mit ihren abgerundeten dünnen Enden in geeigneten

Höhlungen von Kohlenklötzchen stecken und von diesen getragen werden; diese Kohlenklötzchen sind mit Schräubchen an dem Resonanzbrettchen befestigt; zu beiden Seiten ist das so angeordnete Kohlenviereck mit der Leitung verbunden. Mit diesem Instrumente sollen ausgezeichnete Resultate erhalten worden sein.

Ader's Mikrophon (Fig. 85 und 86) besteht aus zehn kleinen in zwei Reihen zu je fünf Stücken angeordneten Kohlenstäbchen *A A*, welche durch drei Querleisten *B C D*, die unterhalb des Resonanzdeckels eines Kästchens befestigt sind, getragen werden. Der Boden des Kästchens wird aus einer dicken Bleiplatte *P* gebildet. Diese Bleiplatte ist deshalb angebracht, weil das Instrument gelegentlich der Pariser Elektricitäts-Ausstellung zur Aufnahme der Opernmusik auf die Bühne gestellt wurde und daher vor Erschütterungen bewahrt werden musste.

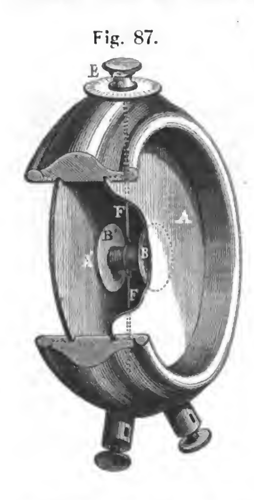
Fig. 85.

Fig 86.

Dunand's sogenanntes Torsionsmikrophon (Fig. 87) ist eine neue Form, welche einige Vorzüge zu besitzen scheint; dasselbe besteht aus zwei Platten *A A'*, welche in einem Holzringe befestigt sind und welche zwischen sich das mikrophonische System vollständig vor Luft und Staub abschliessen, wodurch die Contacte der gewöhnlichen Mikrophone häufig beschmutzt werden.

Jede dieser Platten (Schallmembranen) trägt in der Mitte eine kleine Kohlenscheibe *B B'*. Zwischen diesen Scheiben ist ein länglich rundes Stückchen Kohle eingeklemmt. Um die Mitte dieses Kohlenstükchens ist ein Messingdraht *F* gewunden, welcher, diametral durch den Holzring gespannt, mit dem unteren Ende im Holzring und mit dem oberen Ende an dem Knopfe *E* befestigt ist, der sich auf einem getheilten Kreise drehen lässt und gestattet, dem Drahte einen gewissen Grad von Torsion zu geben, um damit die Empfindlichkeit des Mikrophons zu reguliren. Dieses Instrument kann gleichzeitig die Rede oder den Gesang von zwei Personen nach dem Telephon senden, wenn die eine Person nach der einen Schallmembran, die andere Person aber nach der anderen Schallmembran die Stimme richtet.

Fig. 87.



Lancaster in Birmingham führt das Mikrophon so aus, dass es die Batterie in sich schliesst, welche aus einer Zink- und einer Kohlenplatte mit zwischenliegendem angefeuchteten Papier besteht; die Zinkplatte liegt auf einem Mahagonikästchen, während auf der Kohlenplatte ein Kohlenstäbchen ruht, das sich an die scharfe Kante einer zweiten Kohlenplatte anlehnt, welche ein in der ersteren befestigter Holzständer trägt.

J. Houston und E. Thomson in Philadelphia haben das Mikrophon mit Erfolg als Relais für das

Bell'sche Telephon verwendet, indem sie auf dessen schwingende Platte ein Miniatur-Mikrophon anbrachten. Dieses bestand wesentlich aus drei Kohlenstückchen, welche in den Stromkreis einer Batterie und eines telephonischen Empfängers (Gebers) gelegt waren. Die Schwingungen der Platte reichten hin, das Mikrophon in Thätigkeit zu versetzen und so die Schwingungen automatisch in den anderen Stromkreis weiter gehen zu lassen.

VI.

Die Telephon-Anlagen.

In Amerika kam man zuerst zu der Einsicht, dass im städtischen Verkehr anstatt der elektrischen Telegraphen die Telephonie mit Vortheil zu benutzen sei. Mit dem Eifer, der den Amerikaner in der Ausführung praktischer Dinge auszeichnet, ging man alsbald daran, vorläufig in den grössten Städten telephonische Bureaux anzulegen, mittelst welcher die verschiedenen einzelnen Abonnenten dieser Anstalten miteinander beliebig in telephonischen Verkehr treten konnten. Die Ausdehnung dieser telephonischen Anlagen musste rasch erweitert werden, wobei sich aber auch eine Menge Schwierigkeiten in den Weg stellten, welche den Erfindungsgeist der Elektrotechniker herausforderten.

Was bezüglich der telephonischen Instrumente bereits erreicht worden ist, haben wir in den vorhergehenden Capiteln besprochen. Es bleibt uns nunmehr noch eine Betrachtung der Telephonanlagen als Ganzes übrig, wozu noch eine Anzahl besonderer Hülfsmittel, wie Signalglocken, Anrufer, Umschalter und insbesondere die Lei-

tungen gehören, von deren zweckmässiger Anordnung der Erfolg der Anlage wesentlich abhängt.

Durch die Verbindung des Bell-Telephon als Empfänger (Geber) mit dem Contactmikrophon als Uebertrager (Sender) ist es möglich geworden, einen Apparat für das telephonische Sprechen herzustellen, der auch auf langen Linien seinen Dienst verrichtet. Durch die Art der Wickelung der Inductionsspulen beider Instrumente hat man das Mittel, dieselben jedem Widerstande und also auch jeder Linienlänge anzupassen. Nur die Unvollkommenheit der Apparate, nicht aber ein principielles Hinderniss steht der weitesten Ausdehnung des Fernsprechens im Wege. Es ist bisher noch nicht möglich gewesen und dürfte wohl überhaupt nicht möglich sein, telephonische Instrumente so herzustellen, dass dieselben auf allen Linien gleich gut sprechen. Das eine eignet sich besser für lange Linien, das andere besser für kurze, Der Grund hiervon liegt hauptsächlich in der Beschaffenheit der telephonischen Eisenmembran, indem dieselbe bei einem gewissen Grade von Elasticität entweder für schwache Ströme zu steif, oder für starke Ströme zu nachgiebig ist, so dass im ersteren Falle ihre Schwingungen zur Reproduction der Schallwellen zu schwach, oder aber im letzteren Falle zu stark sind, wobei dann in beiden Fällen die Deutlichkeit der wiedergegebenen Worte beeinträchtigt wird, oder das Telephon überhaupt versagt.

Bedenkt man, wie gross die Zahl der Schwingungen ist, welche einen Ton bilden, sowie dass der Charakter desselben abhängig ist von der Zahl der Schwingungen in der Zeiteinheit, von der Grösse und Form derselben und dass zur Erzeugung gleicher Töne Geschwindigkeit,

Weite und harmonisches Zusammenfliessen der Schwingungen nothwendigerweise genau übereinstimmen müssen, so erlangt man einen Begriff von der Präcision der Wirkung und von der Sorgfalt, mit welcher die Instrumente eines Systems, betreffs der die Schwingungen bildenden Theile, zur vollkommenen Leistung zu construiren sind.

Durch die geeignete Wahl der Membran lässt sich natürlich bis auf eine gewisse Sprechweite ein deutlich sprechendes Telephon herstellen, aber in den Leitungen treten noch andere störende Einflüsse auf, die sich viel schwieriger oder zum Theile gar nicht beseitigen lassen. Ueberhaupt kann man wohl annehmen, dass ein sicheres, deutliches Sprechen, wie es der Verkehr verlangt, mit den jetzigen Instrumenten und nach den jetzigen Erfahrungen sich nicht über eine Distanz von 35 Km. erstrecken kann. Mit Anwendung unterirdischer Leitungen ist der telephonische Verkehr noch schwieriger mit genügender Sicherheit zu erreichen, als durch oberirdische Leitungen.

Wenn zwei oder mehrere Telephondrähte nebeneinander hinlaufen, so kann man durch jeden einzelnen hören, was durch die anderen gesprochen wird; und wenn ein Telephondraht sich neben einem Telegraphendrahte hinzieht, so ruft jeder durch den letzteren gesendete Strom auch einen Strom im Telephondrahte hervor, der sich durch höchst störende Geräusche im Telephon kundgiebt. Es ist dies eine Folge der Induction, und zwar der elektrodynamischen Induction; ausserdem kommt aber auch noch die elektrostatische Induction zur Wirkung. Jedoch haben wir zuvor einen anderen Umstand zu besprechen.

Die Leitung der Elektricität in einem langen dünnen Drahte, der sich in einem nicht vollkommen isolirenden

Medium eingebettet befindet, findet nach denselben Gesetzen statt, wie die Leitung der Wärme. Diese Art der Fortpflanzung wird dadurch charakterisirt, dass der Ausschlag (die Amplitude) der Stromwelle mit dem weiteren Fortgange im Drahte immer kleiner wird, während die Phasen der Welle (die Wellenlängen) zunehmen; demzufolge wird die Fortpflanzungsgeschwindigkeit allmälig verlangsamt. Die elektrische Welle wird dadurch allmälig so schwach, dass auch das empfindlichste Telephon davon nicht mehr erregt wird. Die Verspätung der elektrischen Wellen in einer Leitung hängt von deren Schwingungszahl, also auch von der Tonhöhe ab, und zwar derartig, dass die hohen Töne mit grosser Schwingungszahl sich mehr verspäten, als die tiefen Töne mit kleiner Schwingungszahl. Hierdurch wird bewirkt, dass die verschiedenen zusammengehörigen einfachen Töne, welche einen bestimmten Klang charakterisiren, am Ende des Drahtes nicht mehr zusammenwirken, sondern auseinander gezogen sind, wodurch die Klangfarbe der Töne und damit auch die Articulation der Worte gestört wird. Durch gute Isolirung kann diesem Uebelstande entgegengewirkt werden, und da trockene Luft viel besser isolirt als Guttapercha, so sind oberirdische Leitungen für den telephonischen Verkehr zweckmässiger als unterirdische und submarine, und deshalb können die ersteren auch auf grössere Entfernungen wirken als die letzteren.

Viel störender wirkt die Induction, welche, wie erwähnt wurde, als statische und als dynamische auftritt. Die Wirkung der ersteren ist mit der Ladung einer Leydener Flasche zu vergleichen, wenn man sich den Leitungsdraht als innere Belegung und das denselben umgebende isolirende Medium als äussere Belegung denkt.

Man kann diese Wirkung ganz beseitigen, wenn man jeden einzelnen isolirten Draht mit einer leitenden metallischen Hülle — etwa mit Staniol — umgiebt. Der so umhüllte Draht ist gegen die Einwirkung äusserer elektrischer Kräfte vollständig geschützt. Dieses Mittel wird bei atlantischen Kabeln und bei unterirdischen Telegraphen- und Telephonleitungen angewendet.

Um die elektrodynamische Induction zu beseitigen, werden als Sender sehr mächtige Inductionsspulen verwendet, jedoch ist dieses Mittel kostspielig und unbequem. Viel rationeller ist es, vollkommen metallische Leitung mit Ausschluss der Erde zu benutzen. Dieses Mittel wird gewöhnlich bei unterirdischen Kabelleitungen benutzt, so z. B. in dem musterhaft angelegten Telephonnetz von Paris, wobei stets zwei voneinander isolirte Drähte, von denen der eine als Hinleitung, der andere als Rückleitung dient, zu einer Schnur zusammengewunden sind. Auf kleinere Entfernungen, wie solche im städtischen Verkehr vorkommen, ist jedenfalls die Doppelleitung zu benutzen, weil unter diesen Umständen die Erdleitung störend wirkt, indem es dabei auf das Verhältniss des Widerstandes der Leitungen zu dem Widerstande ankommt, welchen der Strom beim Uebergang in die Erde findet. Für grössere Entfernungen werden diese Störungen weniger empfunden.

Es wird viel über die Blitzgefahr der Leitungen gesprochen. In dieser Beziehung dürften die Aeusserungen des deutschen Reichspostamtes an die Magdeburger Feuerversicherungs-Gesellschaft Beruhigung gewähren können. In den bezüglichen Mittheilungen heisst es, „dass bis jetzt noch kein Fall zur diesseitigen Kenntniss gelangt ist, in welchem durch die Anlage von Fernsprechleitungen

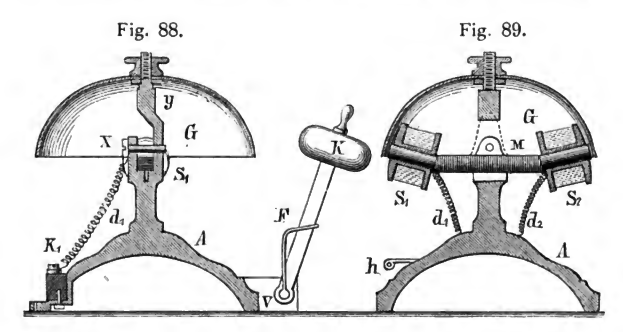
an und über den Häusern, beziehungsweise durch die Befestigung von eisernen Stützpunkten auf den Dächern oder an den Giebeln u. s. w. irgend welche Blitzgefahr für die betreffenden Gebäude hervorgerufen worden wäre. Wenn die diesfälligen Erfahrungen bezüglich der Fernsprechanlagen der deutschen Reichspost- und Telegraphenverwaltung aus einem verhältnissmässig kurzen Zeitraume herrühren, so können dagegen andere Verwaltungen, deren Telegraphenleitungen auch in den Städten oberirdisch geführt sind, auf die Erfahrungen vieler Jahre zurückblicken. Es ist aber dem Reichspostamt nicht bekannt geworden, dass an den in Städten über die Dächer geführten Telegraphenleitungen auswärtiger Verwaltungen Beobachtungen gemacht worden wären, welche zu irgend einer Besorgniss bezüglich einer Blitzgefahr begründete Veranlassung geben könnten. Das Reichspostamt hebt noch weiter hervor, wie bei der Ausführung der diesseitigen Fernsprechanlagen überall dafür Sorge getragen wird, dass für atmosphärische Elektricitäts-Entladungen, welche zufällig auf die Fernsprechanlagen übergehen sollten, blitzabführende Verbindungen mit der Erde in ausreichendem Masse vorhanden sind. Es dürfte nicht zweifelhaft sein, dass bei dieser Einrichtung die Fernsprechanlagen dazu geeignet erscheinen, den Gebäuden, über welche sie geführt sind, unter Umständen einen ausreichenden Schutz gegen Blitzgefahr zu gewähren, dessen sie sonst zu entbehren hätten."

Ueber die bei den Telephonanlagen anzuwendenden elektrischen Klingeln und Rufapparate ist Folgendes zu erwähnen:

Bei Beigabe einer elektrischen Klingel mit Selbstausschluss, wie solche für die Fernsprechämter der Linien

der deutschen Telegraphenverwaltung gewählt wurde, ist die Kostspieligkeit der Beschaffung und Unterhaltung der galvanischen Batterien, ferner die Unbequemlickeit der Beaufsichtigung derselben in Erwägung zu ziehen; ausserdem hat man aber auch noch entweder eine besondere Leitung herzustellen oder einen Umschalter anzuwenden, um nach Bedarf entweder die Klingel oder das Telephon in Betrieb zu setzen. Als zweckmässigste Einrichtung

Fig. 88. Fig. 89.



empfiehlt Prof. C. Zetzsche Magnetinductoren, von denen derselbe einige beschreibt.[1])

Die Rufglocke von W. C. Fein in Stuttgart besteht aus einer stählernen schalenförmigen Glocke, welche sich zwischen den mit Drahtspulen versehenen Polen eines Hufeisenmagnets befindet, dessen Anker sie bildet, ohne ihn jedoch zu berühren. Durch die Schwingungen der angeschlagenen Glocke entstehen in den Drahtspulen des Elektromagnets Inductionsströme, welche die Eisenmembran eines damit verbundenen Telephons in gleiche

[1]) „Dingler's polyt. Journal", Band, 227 S. 441.

Schwingungen versetzen und dadurch dieselbe so stark zum Tönen bringen, dass das gegebene Signal sogar in einem Nebenzimmer hörbar ist.

Die R u f g l o c k e des Prof. A. Weinhold in Chemnitz ist im Princip ähnlich. Fig. 87 und 88 zeigt, dass dieselbe aus einer Stahlglocke *G* besteht, welche 13 bis 14 Cm. Durchmesser hat und auf etwa 420 Schwingungen abgestimmt ist. Diese Glocke ist auf einem Metallständer *A* befestigt, woran sich ein um *v* drehbarer Holzhammer *K* befindet. Wird dieser Hammer mit der Hand nach aussen niedergedrückt und dann losgelassen, so schlägt derselbe durch die dabei angespannte Feder *F* kräftig gegen die Glocke *G* und versetzt diese in lebhafte Schwingungen. Innerhalb der Glocke ist ein etwas gebogener kräftiger Magnet *M* mit eisernen Polschuhen angebracht, welche in zwei diametralen Punkten sehr nahe an der Glocke stehen. Die Pole des Magnets sind mit Inductionsspulen S_1 S_2 versehen, welche unter sich und mit zwei zum Ansetzen der Leitungsdrähte L_1 L_2 dienenden Klemmschrauben K_1 K_2 (Fig. 90) leitend verbunden sind. Die mit dem Rufer zu benutzenden Telephone sind mit einem aus Blech hergestellten, auf die Mündung *H* (Fig. 91) befestigten conischen Resonator

Fig. 90.

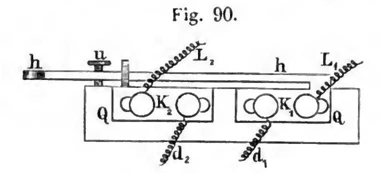
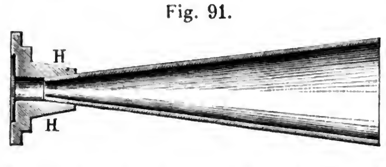


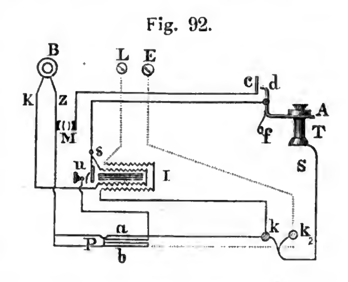
Fig. 91.



versehen, dessen Stimmung bis auf mindestens einen halben Ton mit dem Tone der Rufglocke übereinstimmen muss. Rufer und Telephone werden ohneweiters hintereinander in dieselbe Leitung eingeschaltet; als Rückleitung benutzt man bei irgend nennenswerther Entfernung die Erde; zur Ableitung nach der Erde dient am besten die Verbindung mit einer Wasser- oder Gasleitung oder mit einem guten Blitzableiter.

Um die unsichere Umschaltung für die Rufglocke zu umgehen, hat R. Schubert in Breslau den für das Mikrophon angewendeten Inductor mit einem Unterbrecher versehen, durch welchen beim Drucke auf den am Apparate befindlichen Contact der Strom der für das Mikrophon vorhandenen Batterie auf einem zweiten Wege gesendet wird und hierdurch Wechselströme hervorruft, welche in dem Telephone der anderen Station den Ton des Unterbrechers sehr laut wiedergeben. Auch für weitere Entfernungen braucht man bei dieser Einrichtung die Batterie nicht zu verstärken.

Fig. 92.



Das Schaltungsschema illustrirt Fig. 92. Drückt man behufs Anrufes die Contactfeder *P* auf die darunter befindlichen nebeneinander liegenden Metallstreifen *a* und *b* nieder, so nimmt der Strom der Batterie *B* den Weg vom Kupferpole *K* durch die primäre Spirale des Inductors *I* nach *s*, von da durch den Unterbrecher *u* nach *a* und über *P* zum Zinkpole *Z*. Die dadurch erregten

Inductionsströme lassen das eigene Telephon nicht mit ertönen, weil das Blättchen b mit der Klemme k_1, sowie a mit k_2 verbunden und so ein kurzer Schluss zwischen der Leitung L und der Erde E hergestellt ist.

Nach erfolgtem Anruf nimmt man das mittelst der Leitungsschnur S zwischen k_1 und k_2, d. h. zwischen L und E eingeschaltete Telephon T von der Aufhängevorrichtung A und schaltet hierdurch die Batterie B für das Mikrophon M ein. Der Strom geht von K durch die primäre Spirale nach s und von hier über d und c durch das Mikrophon M nach Z zurück. Der Contact zwischen c und d wird nach Abnahme des Telephons durch die Feder f hergestellt.

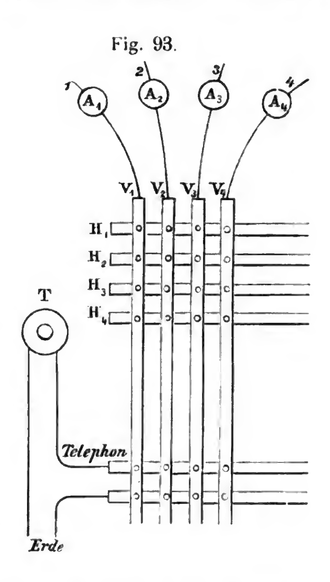
Der ganze Apparat ist leicht zu übersehen, da überhaupt nur zwei Contactvorrichtungen in Betracht kommen und man die Thätigkeit des Unterbrechers leicht beobachten kann.

In den städtischen Telephonanlagen münden die verschiedenen Linien des Telephonnetzes in einem Centralbureau aus, wo die Beamten auf Verlangen eines Abonnenten die telephonische Verbindung zwischen diesem und einem anderen Abonnenten behufs der Conversation zwischen beiden herstellen. Diese Verbindung erfolgt mittelst eines Umschalt-Apparates oder Commutators, dessen Princip in Fig. 93 illustrirt ist.

Die mit dem Abonnenten 1, 2, 3, 4 . . . verbundenen Leitungen sind, nachdem dieselben die Ruf-Apparate oder Anmelder A_1, A_2, A_3, A_4 . . . durchlaufen haben, mit den verticalen Kupferlamellen V_1, V_2, V_3, V_4 . . . verbunden, welche in eine Holzplatte eingelassen sind. Hinter diesen Lamellen befinden sich andere horizontale Kupferlamellen H_1, H_2, H_3, H_4 . . . , welche von den ersteren isolirt sind.

Man kann nun eine beliebige verticale Lamelle mit einer beliebigen horizontalen Lamelle durch Einstecken eines metallenen Pflockes, Stöpsel genannt, verbinden und lautet der technische Ausdruck für diese Operation „das Stöpseln". Zu dem Zwecke wird der Stöpsel im Ueberkreuzungspunkte der Lamellen in das daselbst befindliche, durch beide Lamellen hindurchgehende Loch gesteckt und somit die Stromverbindung durch Stöpselung bewirkt. Um zwei Abonnenten, z. B. 1 und 3, miteinander in Verbindung zu setzen, genügt es, die beiden verticalen Lamellen V_1 und V_3 durch irgend eine der horizontalen Lamellen H_1, H_2, H_3 u. s. w., welche noch nicht für eine andere Verbindung in Anspruch genommen und noch frei ist, durch Stöpselung in leitende Verbindung zu setzen.

Fig. 93.



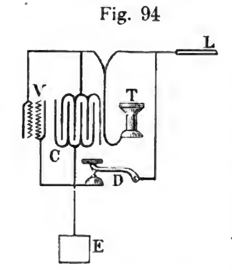
Im gewöhnlichen Zustande sind alle verticalen Lamellen mit der Erde oder mit der Retourleitung durch eine besondere, für diesen Zweck bestimmte horizontale Lamelle verbunden. Eine andere bestimmte horizontale Lamelle steht mit dem Telephon T in Verbindung, welches dem Beamten der Centralstation gestattet, sich

zum Zweck der Dienstbesorgung mit irgend einem Abonnenten in Verbindung zu setzen.

Unser Titelbild zeigt das telephonische Bureau der „Merchant's telephone exchange" in New-York, eines der bedeutendsten in jener Stadt. Man sieht die sogenannten Switchmen beschäftigt, die Verbindungen zwischen den Abonnenten und mit den verschiedenen anderen telephonischen Bureaux herzustellen und gewinnt ungefähr einen Einblick in das Getriebe einer solchen Anstalt.

Um bei Privattelephonanlagen blos in der Haupt- oder Umschaltstation eine Batterie nöthig zu haben und zugleich die Ausrüstung der Nebenstation zu vereinfachen, hat R. Schubert [1]) eine Schaltungsweise in Vorschlag gebracht, bei welcher in jeder Nebenstation die von der Hauptstation kommende Leitung *L* (Fig. 94) durch das Telephon *T* bis zu der einen Belegung eines Condensators *C* läuft, dessen andere Belegung mit der Erde *E* verbunden ist, ausserdem kann die Leitung *L* durch Niederdrücken des Tasters *D* unmittelbar mit der Erde *E* verbunden werden. Endlich ist ein Blitzableiter *V* beigegeben.

Fig. 94



In der Hauptstation ist jede von einer Nebenstation kommende Leitung durch einen Elektromagnet mit Fallklappe hindurch an eine Verticalschiene eines Schienenumschalters (vergl. Fig. 93) gelegt. Im Ruhezustande sind alle Verticalschienen durch Stöpsel mit der ersten Horizontalschiene verbunden, von der aus ein Draht durch einen elektrischen Wecker und die Läutebatterie nach der

[1]) „Elektrotechnische Zeitschrift" 1882, S. 202.

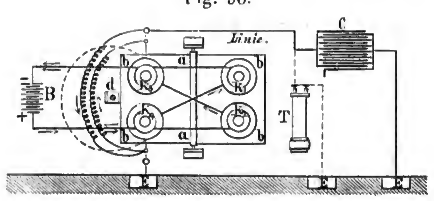
Erde führt. Drückt man also auf irgend einer Nebenstation den Taster, so läutet, da die Batterie geschlossen wird, auf der Hauptstation der Wecker und die zu dieser Station gehörige Klappe fällt. Demgemäss steckt man auf der Hauptstation den betreffenden Stöpsel aus der ersten in die zweite Horizontalschiene und legt dadurch die Leitung der rufenden Nebenstationen durch ein Telephon hindurch und durch die secundäre Spirale eines Inductors nach der Erde, worauf man den Ruf durch Niederdrücken des dem ersten Taster entsprechenden Tasters beantwortet, indem dieser Taster beim Niederdrücken die Batterie durch die primäre Spirale des mit Selbstunterbrecher versehenen Inductors kurz schliesst, so dass die Inductionswechselströme das Telephon *T* der rufenden Nebenstation zu lautem Tönen bringen und diese nun der Hauptstation melden kann, mit welcher anderen Station sie verbunden sein will. Die gewünschte Verbindung der beiden Nebenstationen wird dann unter Zuhülfenahme zweier anderer horizontaler Schienen des Umschalters hergestellt und dabei zugleich ein zwischen diesen beiden Horizontalschienen eingeschaltetes Telephon mit in den Stromkreis aufgenommen, auf welchem mittelst einer Trompete bei Beendigung des Sprechens der Hauptstation ein hörbares Signal gegeben werden kann. Auf der Hauptstation berührt der Tasterhebel in seiner Ruhelage zwei Platinspitzen und stellt so eine kurze Nebenschliessung zur secundären Inductorspule her. Interessant durch seine Construction und vorzügliche Wirkung auf grosse Distanz ist das telephonische System des Dr. Herz, welches durch Fig. 95 und 96 schematisch illustrirt wird.

In diesem System besteht das Uebertragungs-Instument (Sender) aus einer in ihrer Mitte um eine Achse *a a*

oscillirenden Platte *b b*, welche an der einen Seite durch einen kleinen Winkelträger *d* mit der Schallmembran *c c* verbunden ist. In dem angeführten Apparate befindet sich über der Membran ein Schalltrichter. Die gegen die Membran wirkenden Schallwellen rufen Vibrationen hervor, an denen die Platte *b* theilnimmt, indem dieselbe um die Achse *a a* oscillirt und dem-

Fig. 95.

Fig. 96.



zufolge sich abwechselnd an ihren beiden Seiten hebt und senkt. Auf der Platte sind vier Paar mikrophonische Kohlenscheibchen k_1, k_2, k_3 und k_4 angebracht, von denen die unteren an der Platte befestigt sind, die oberen aber lose auf den unteren aufliegen und durch kleine Bleigewichte *g* angedrückt werden. Die unteren Kohlenscheibchen sind über die Oscillationsachse hinweg kreuzweis, die oberen parallel verbunden und ferner sind die oberen Kohlenscheibchen (links) durch die Batterie *B* und

durch die unteren entsprechenden Kohlenscheibchen mit der Primärspirale der Inductionsrolle *I* vereinigt, während die Secundärspirale dieser Inductionsrolle mit der Leitung und dem Hörtelephon (Geber) *T* in Verbindung steht.

Wenn die mikrophonische Platte *b* unter der Einwirkung der von der Stimme erregten Schwingungen der Membran *c c* oscillirt, so wird der Druck zwischen den beiderseits der Achse *a a* befindlichen Kohlenscheibchen in Folge des Beharrungsvermögens der oberen Scheiben bald schwächer, bald stärker sein. Hierdurch werden in Folge der kreuzweisen und parallelen Verbindung der Kohlenscheibchen im secundären Stromkreise stets unmittelbar hintereinander zwei Ströme von gleicher Richtung inducirt und daher wird die Wirkung der Stromundulationen auf das Telephon *T* verstärkt.*)

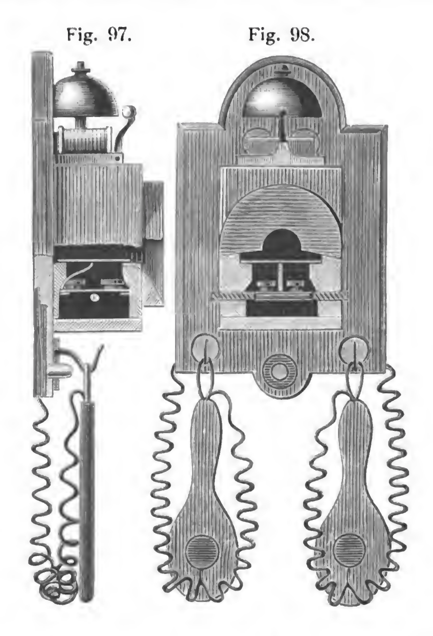
Fig. 97 und 98 illustrirt den vollständigen Apparat, welcher die beiden von Dr. Herz in seinem telephonischen System zur Anwendung gebrachten Principien verkörpert: Abwechslung des Stromes in der Leitung und Benutzung eines Condensators als Geber. Das Diaphragma ist horizontal und mit den erwähnten vier mikrophonischen Contacten verbunden; diese Contacte communiciren, mit Weglassung der oben erwähnten Inductionsspule, direct mit der Leitung und der Batterie, deren Stärke nach der Distanz der beiden Sprechstationen zu normiren ist. Der Apparat überträgt schon die aus 50 Cm. Entfernung nach dem Schalltrichter gesprochenen Worte. Will man die Zahl der Batterie-Elemente für grosse Distanzen auf ein Minimum bringen, so wird die Inductionsspule angebracht. Die als Condensatoren construirten beiden Hörtelephone (Geber) sind an den Apparat angehängt.

*) Du Moncel in La Lumière électrique 1882.

Fig. 99 zeigt im Diagramm eine Herz'sche Telephonanlage.

Wenn die beiden Geber $t\,t'$ an den Apparat angehängt sind, so kann Jemand auf der einen Station die

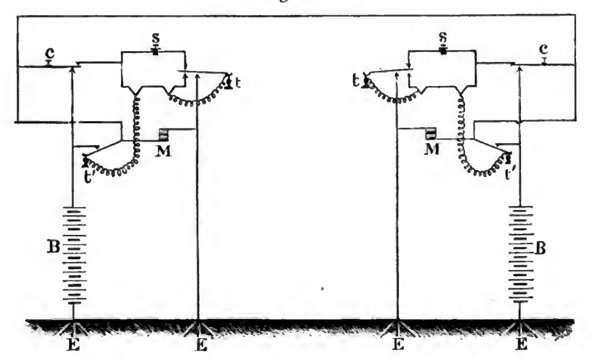
Fig. 97. Fig. 98.



auf der anderen Station befindliche Person durch Berührührung des Knopfes C anrufen. Hat die angerufene Station geantwortet, so werden die Telephone $T\,T'$ von den Haken herunter genommen. Hierdurch gehen die Hebel mit dem hinteren Ende nieder und durch den nunmehr hergestellten Contact kann die Conversation

mit den beiden Instrumenten beginnen. Nehmen wir zuerst an, dass die rechts in Fig. 99 befindliche Station spricht, so geht der Strom von der Batterie *B* durch den Contact *t'*, welcher durch die Hinwegnahme des Telephons entstanden ist; der Strom wird dann getheilt; der eine Theil geht in die Leitung und der andere Theil nach dem Mikrophon *M* und dann in die Erde. Die Veränderungen in der Leitungsfähigkeit, welche durch

Fig. 99.



das Mikrophon im Nebenstromzweige *M t* hervorgebracht werden, ändern in derselben Weise den Strom in der Leitung, deren Widerstand constant ist.

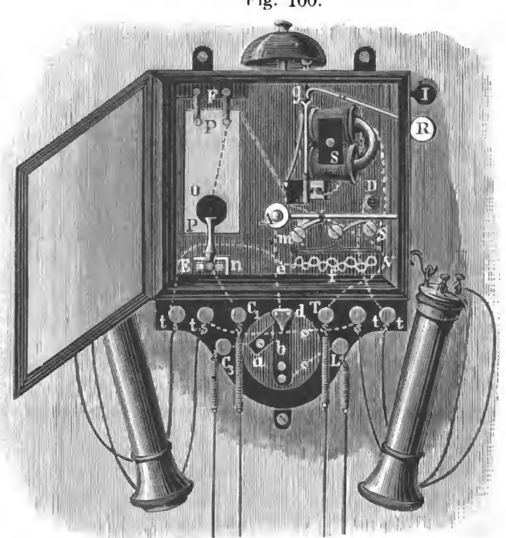
Am Empfänger der anderen Station geht der Strom von der Leitung bei *C* in das Telephon *t* in die Erde, indem der Hebel von *t* den unteren Contact hergestellt hat.

In diesem Telephonsystem sind demnach drei Principien zur Erleichterung der Communication unter verschiedenen schwierigen Umständen verkörpert, nämlich

1. die Benutzung von Condensatoren als Empfänger oder Geber; 2. Wechselströme in der Leitung der Empfänger und 3. das System der Zweigströme.

Ein sehr vollkommener telephonischer Apparat ist der von de Locht-Labye (Fig. 100). Das mit demselben

Fig. 100.



verbundene, durch eine schwingende Platte gebildete Mikrophon haben wir bereits auf S. 166 besprochen. Der Erfinder hat seinem Instrumente den Namen „Pantelephon" gegeben, um auszudrücken, dass damit alle Arten von Tönen und Geräuschen, starke oder schwache, übertragen werden können.

Wird die von einem porösen Stoffe (Tuch oder Tüll) gebildete Thür geöffnet, so erblickt man die an zwei leicht elastischen Federn *r r* schwebende, sehr dünne, aber verhältnissmässig grosse Korkplatte *P*, auf deren unteren Theil ein Kohlenscheibchen *o* aufgeleimt ist. Mit diesem Kohlenscheibchen steht ein bei *n* in einem Kugelgelenk leicht drehbarer kleiner Hebel in Verbindung, dessen oberes Ende ein Platinknöpfchen trägt, welches — je nach der Adjustirung des Hebels — einen mehr oder weniger starken Contact mit der Kohlenscheibe *o* bildet. Von dem unteren Hebelende geht eine Drahtleitung nach dem Knopfe C_1, während von der Kohle *o* eine solche hinter der Korkfläche nach *F* und von hier nach einer am Boden des Apparates befindlichen stromverstärkenden Inductionsrolle *I* führt, deren Spirale mit dem Knopfe *T* in Verbindung steht. Von den Knöpfen C_1 und *T* führen Drahtleitungen durch eine kleine vierelementige Leclanché- oder Meidinger-Batterie nach der zweiten Station, um hier ein Bell'sches Telephon in sich aufzunehmen.

Wird gegen die Korkplatte *P* gesprochen, so geräth diese in Folge ihrer Leichtigkeit und ihrer elastischen Aufhängung selbst bei leisem Sprechen und auch dann, wenn aus 5 bis 10 M. Distanz gegen dieselbe gesprochen wird, in verhältnissmässig bedeutende Schwingungen, welche sich nach dem Telephon als Stromwellen fortpflanzen und von demselben als analoge Schallwellen reproducirt werden. Jeder Uebertragungs-Apparat ist mit zwei Telephonen versehen, um mit beiden Ohren gleichzeitig hören zu können, wodurch das Verständniss sehr erleichtert wird. Bei *S* befindet sich das elektromagnetische Läutewerk. Hängt das rechts befindliche Telephon am Hebel *A*, so ist das Läutewerk durch eine Contact-

feder eingeschaltet und das Mikrophon ausgeschaltet. Drückt man bei dieser Stellung des Apparates auf den Knopf *b*, so läutet es auf der anderen Station. Man erkennt auf der Aufgabestation, dass Jemand sich an der zweiten Station befindet und aufmerksam ist, wenn das kleine Schild *v* von der schwarzen Scheibe *w* an der Aufgabestation herabgefallen ist. Hierauf werden die Telephone von den Haken genommen und damit ein derartiges Umschalten der Leitung bewirkt, dass das Läutewerk sich aus- und die Fernsprechvorrichtung einschaltet.

Fig. 101.

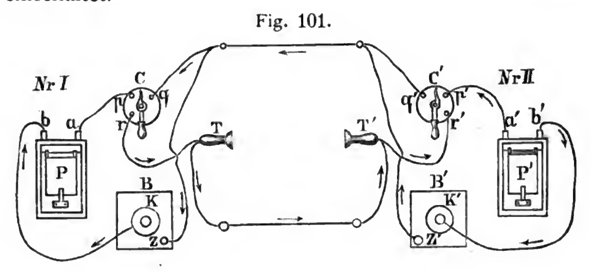


Fig. 101 illustrirt die einfachste Einrichtung einer de Locht'schen Telephonanlage. Sind die beiden Stationen in geringer Entfernung voneinander, so wird für die Rückleitung ein besonderer Draht benutzt; liegen sie aber entfernt, so kann die Rückleitung durch die Erde erfolgen.

An jeder Station befinden sich als Geber ein oder mehrere Telephone *T T'*, ein Commutator *C C'*, ein Pantelephon *P P'*, als Sender und eine galvanische Batterie *B B'* aus Meidinger- oder Leclanché-Elementen. Wird auf der Station Nr. I der Commutator auf den Contact *p* eingestellt, so geht der Batteriestrom durch den tele-

phonischen Apparat hindurch. Ruft oder pfeift nun der Correspondent Nr. I gegen das Pantelephon, so giebt das Hörtelephon T_1 auf der Station Nr. II das Signal so laut wieder, dass es weit hin gehört wird. Anstatt den Batteriestrom durch die Drahtspulen der Telephone zu führen, ist es für weite Distanzen zweckmässiger, die telephonische Leitung nur von Inductionsströmen mittelst Einschaltung einer besonderen Inductionsrolle durchlaufen zu lassen, in deren Primärspirale der Strom einer Localbatterie gesendet wird. Ist in diesem Falle der Batteriestrom zu stark für das Pantelephon, so kann man denselben durch Einschaltung von Widerständen mildern und den vollen Strom nur zum Signalgeben durch einen Rufapparat benutzen.

In der Benutzung des Telephons für den grossstädtischen Verkehr ist, wie schon bemerkt wurde, Amerika mit seinem energischen Unternehmungsgeiste vorangegangen. In Europa hat Paris das grösste Telephonnetz zur Verfügung des Publicums in den Dienst gestellt. Alle Leitungen sind hier mit Benutzung der Schleusen unterirdisch gelegt. Die Drähte, welche die Apparate der Abonnenten mit den Centralbureaux, wie diejenigen, welche die Bureaux unter sich verbinden, sind zu Kabeln vereinigt, die mit Blei umhüllt und unter den Schleusengewölben aufgehängt sind. Jedes dieser Kabel enthält 14 voneinander isolirte Drähte, welche 7 Doppelleitungen bilden; ein solches Kabel hat 18 Mm. Durchmesser. Die mittlere Länge einer Leitung zwischen einem Bureau und einem Abonnenten beträgt 1146 M.; 170 Hülfsleitungen verbinden die 11 Bureaux untereinander.

Der Abonnementspreis beträgt in Paris jährlich 600 Francs für eine Leitung, 1100 Francs für zwei Lei-

tungen und für drei oder mehr auf den Namen eines Abonnenten 500 Francs per Leitung. Für diesen Preis stellt die „Société générale des Téléphones" die Leitung her, liefert und placirt den Apparat, sorgt für dessen Betriebsfähigkeit und giebt zu jeder Zeit die gewünschten Mittheilungen.

Ursprünglich waren die Abonnenten und Bureaux mit Gower'schen Apparaten, Uebertragern nach dem System Blake mit Bell'schen Gebern, oder mit Edison-schen Uebertragern und Phelps'schen Gebern versehen. Die Gesellschaft gab jedoch rasch die beiden ersteren auf, weil sich bei deren Benutzung in einem grossen Leitungsnetze verschiedene Uebelstände herausstellten und sie ging entschlossen zur Einführung eines einheitlichen Typus über. Gegenwärtig sind die Apparate (postes) der Abonnenten sämmtlich mit Ader'schen Sendern und Gebern versehen.

Die Centralbureaux bestehen aus einer Reihe Tableaux, von denen jedes 25 mit einem beweglichen Deckel versehene Nummern, sogenannte Indicateurs, enthält, welche eben so vielen Abonnementsleitungen entsprechen. Wenn ein Abonnent den Ruferknopf an seinem Apparate drückt, so fallt im betreffenden Centralbureau der Deckel von seiner Nummer nieder und der Beamte weiss sofort, wer gerufen hat; derselbe fragt alsdann sofort den Abonnenten nach dem Namen der Person, mit welcher Letzterer in Verkehr zu treten wünscht, stellt dann mittelst zweier durch eine Leitungsschnur vereinigten Stöpsel die Verbindung zwischen den beiden Abonnenten her, klappt den Deckel wieder auf die Nummer und zieht sich zurück. Ein Glockenschlag seitens des ersten Abonnenten zeigt dem Beamten die Beendigung der Conversation an. Dieses

System ist sehr einfach, und gestattet, dass von früh acht bis Abends sieben Uhr 103 junge Mädchen nahezu 20.000 Mittheilungen geben, indem auf jeden Abonnenten im Durchschnitt täglich 8 Mittheilungen kommen.

Der Nachtdienst wird von 35 männlichen Beamten besorgt und haben diese ungefähr 1000 Mittheilungen jede Nacht zu vermitteln.

Jeden Morgen werden vom Centralbureau aus die Drähte und Apparate der Abonnenten, welche sich nicht von selbst melden, durch einen Anruf probirt. Eine Anzahl von Inspectoren und Hülfsarbeitern, die im Centralbureau anwesend sind, hat sofort alle nöthig werdenden Reparaturen zu besorgen.

Begründete Reclamationen sind verhältnissmässig selten, wenn man die grosse Zahl der ausgewechselten Mittheilungen in Betracht zieht.

VII.

Radiophonie.

Unter Radiophonie versteht man die Uebertragung und Reproduction von Schallwellen mittelst Lichstrahlen auf telephonischem Wege. Es begründet sich diese Wirkung auf die Veränderlichkeit der elektrischen Leitungsfähigkeit des Selens unter verschieden intensiver Lichteinwirkung.

Es war am 27. August 1880, als Prof. Graham Bell in der zu Boston abgehaltenen Sitzung der American Association for the Advancement of Science einen Vortrag hielt über die Ergebnisse der von ihm und seinem Freunde Summer Tainter angestellten Versuche

zur Verwendung des Selens in der Telephonie. Im wesentlichen theilte Bell Folgendes mit:[1])

Es war schon längst bekannt, dass geschmolzenes und rasch abgekühltes Selen ein Nichtleiter des elektrischen Stromes ist; dabei erscheint es gläsern und dunkelbraun von Farbe. Wird aber das Selen nach dem Schmelzen sehr langsam abgekühlt, so hat es ein matt bleifarbiges metallisches Aussehen und eine krystallinische Structur; dabei ist es undurchsichtig und unter gewöhnlicher Temperatur ein elektrischer Leiter; der Widerstand gegen den Durchgang des elektrischen Stromes nimmt mit dem Uebergange aus dem festen in den flüssigen Zustand stetig zu, und dem Sonnenlichte ausgesetzt, geht das Selen vom Leiter rasch in einen Nichtleiter über.

Durch weitere Untersuchungen verschiedener Forscher erkannte man, dass der Widerstand des Selens gegen den elektrischen Strom unter verschieden starker Beleuchtung ein sehr verschiedener war und insbesondere entdeckte W. Siemens, dass besonders empfindliche Selensorten unter dem Einflusse von Licht und Wärme ein entgegengesetztes Verhalten gegen den elektrischen Strom zeigen, und bei manchen Selenstücken betrug der Widerstand während der Beleuchtung zuweilen nur ein Fünftel des im Dunkel auftretenden Widerstandes.

Anstatt nun wie Andere, bei den Versuchen mit Selen ein Galvanometer zu benutzen, bediente sich Bell eines Telephons, wodurch er die Erscheinungen nach denselben Gesetzen, welche bei der Induction zur Geltung kommen, hörbar machen konnte. Bei einer raschen Folge des Wechsels von Licht und Dunkel tritt im Selen ein

---

[1]) „Journal of the Franklin Institute" Bd. 110.

entsprechender Wechsel des elektrischen Leitungsvermögens ein und man konnte mittelst des Telephons die Zahl solcher Wechsel in der Zeiteinheit der Zahl der Schwingungen hörbarer musikalischer Töne anpassen. Hierzu war insbesondere die von Bell beobachtete Thatsache günstig, dass auch solche elektrische Ströme, welche so schwach sind, dass sie bei einfacher Unterbrechung oder Schliessung des Stromkreises im Telephon keinen hörbaren Ton ergeben, bei einer raschen Folge von Unterbrechungen sehr deutlich hörbare Töne entstehen lassen, und zwar ist diese Wirkung um so stärker, je höher der Ton ist.

Bell experimentirte nun in der Weise, dass er mittelst eines Bündels paralleler Lichtstrahlen telephonirte. Zu dem Zwecke stellte er einen Apparat her, welcher durch die Stimme so in Thätigkeit versetzt werden kann, dass in dem Lichtstrahlenbündel derartige Intensitätsänderungen entstehen, welche den durch die Stimme hervorgebrachten Luftwellen entsprechen.

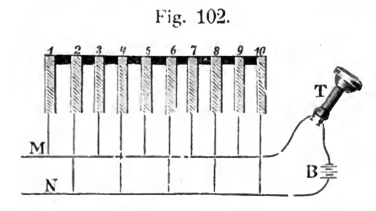
Zuerst mussten Bell und Tainter sich damit befassen, empfindliche Selenstücke, sogenannte Selenzellen oder Selenbatterien herzustellen, um die oben erwähnte Eigenthümlichkeit des Selens für ihre Zwecke nutzbar zu machen; dies hatte seine Schwierigkeit, weil das Selen dem Durchgange des Stromes einen sehr grossen Widerstand entgegensetzt.

Um diesen Widerstand möglichst zu verringern, kann man das Selen nur in der Form äusserst dünner Blättchen oder Häutchen verwenden, denn die Wirkung des mit dem photophonischen Apparate verbundenen Telephons wird durch zu starke Ströme gestört; jedenfalls war es nöthig, dass der Widerstand der Selenzelle, der im Dunkel am grössten ist, 300 Ohms nicht übersteigt,

alsdann vermindert derselbe sich bei intensiver Beleuchtung bis auf etwa die Hälfte.

Die ersten Versuche, welche man zur Lösung der Aufgabe, ein dünnes Selenhäutchen zwischen zwei Platin- oder Eisenplatten anzubringen und dadurch für den Durchgang des elektrischen Stromes geeignet zu machen, anstellte, waren ohne Erfolg, weil das Selen mit den Metallflächen nicht in den nöthigen Contact gebracht werden konnte. Endlich entdeckten Bell und Tainter, dass Messing, obwohl dasselbe durch Bildung von Selenkupfer chemisch auf das Selen einwirkt, ein dazu vorzüglich geeignetes Material ist, indem gerade durch jene chemische Einwirkung der gewünschte innige Contact herbeigeführt wird.

Fig. 102.



Die Herstellungsweise einer Selenzelle ist nun folgende: Es wird eine Säule aus kleinen Messingscheiben und dazwischen liegenden etwas kleineren Glimmerscheiben gebildet, so dass rings um die Messingscheiben ein ganz enger ringförmiger Spalt frei bleibt. Hierauf wird auf einer heissen Glastafel ein Selenstäbchen gerieben, so dass die Glastafel sich mit einer Selenhaut überzieht und auf dieser Selenhaut wird die ebenfalls erhitzte, in geeigneter Weise zusammengehaltene Säule gerollt, so dass das geschmolzene Selen in die schmale ringförmige Spalte eindringt. Der langsam abgekühlte Cylinder wird dann oberflächlich abgedreht und die Messingscheiben abwechselnd durch Drähte mit den telephonischen Leitungsdrähten verbunden. Die so hergestellte Selenzelle ist in Fig. 102

im Längsdurchschnitt dargestellt. Die schraffirten Theile sind die Querschnitte der Messingscheiben, die dazwischen befindlichen hellen Striche sind die isolirenden Glimmerplättchen und die schwarzen Stellen sind das Selen.

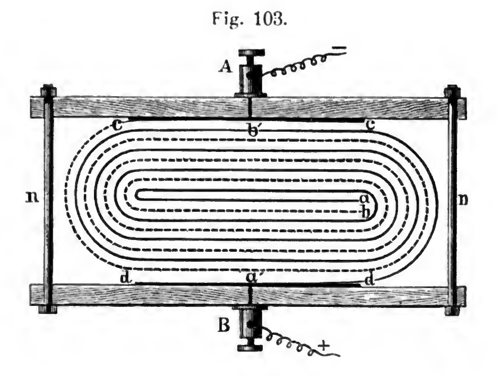
Ausserdem haben Bell und Tainter einen flachen Selenkörper für einen cylindrischen Lichtstrahl in der folgenden Weise hergestellt: Von zwei kupfernen Scheiben ist die eine mit einer Anzahl vorstehender Zapfen, die andere mit entsprechenden Löchern versehen, so dass bei dem Aufeinanderlegen der beiden Scheiben, welche mittelst Schrauben aufeinander befestigt werden, die Zapfen der einen Scheibe in die Löcher der anderen Scheibe eintreten, dieselben aber nicht ganz ausfüllen. Die Scheiben selbst sind durch eine Zwischenlage von Glimmer voneinander bis auf einen schmalen Rand isolirt, welcher alsdann in ähnlicher Weise wie bei der oben erwähnten Säule mit Selen ausgefüllt wird; indem die Scheiben am Rande etwas stärker sind als nach der Mitte zu, wird bewirkt, dass die dazwischen kommende Selenschicht am Umfange der Scheiben am dünnsten ist und also hier dem elektrischen Strome den geringsten Widerstand bietet.

Eine andere Anordnung des Selen-Elements wurde von Mercadier erfunden; dasselbe ist in Fig. 103 in halber wirklicher Grösse im Querschnitt dargestellt. Die Herstellung ist bequem und billig.

Es werden zwei Messingstreifen *a* und *b* von etwa 1 Mm. Dicke und 1 Cm. Breite benutzt; dieselben sind in der angedeuteten Weise zusammengerollt und durch zwei dazwischen gelegte Streifen von Pergamentpapier voneinander getrennt. Um die Uebersicht der Figur zu erleichtern, ist der eine Messingstreifen mit voller Linie, der andere mit gestrichelter Linie gezeichnet.

Der so gebildete Block wird zwischen zwei Messingplatten *c* und *d* gelegt, welche sich mit den Enden der beiden Messingstreifen bei *a'* und *b'* verbinden und das Ganze wird zwischen zwei Brettchen von hartem Holze geklemmt, welche durch die Schraubenbolzen *n* und *n* zusammengehalten werden. Das Element ist mittelst zweier Schraubenklemmen *A* und *B*, welche sich in metallischer Verbindung mit den Platten *c* und *d* befinden, in den

Fig. 103.



Stromkreis eingeschaltet. Ist dies geschehen und die vollständige Abwesenheit jeder metallischen Verbindung zwischen den beiden Messingstreifen durch das Galvanometer nachgewiesen, so wird die polirte Fläche der Messingstreifen in der folgenden Weise mit Selen überzogen:

Der Apparat wird in einem Sandbade oder auf einer Kupferplatte, worunter ein Bunsenbrenner sich befindet, so stark erhitzt, dass ein darauf gelegter Selenstift zu

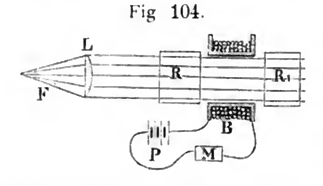
schmelzen beginnt. Hierauf wird der Selenstift so über die Seitenflächen der Messingrolle hingeführt, dass dieselbe so dünn als möglich mit Selen überzogen wird. Wenn die Temperatur auf dem richtigen Punkte erhalten wird, so nimmt das Selen die schieferartige Farbe an, welche seine grösste Empfindlichkeit gegen das Licht charakterisirt. Nachdem so der Ueberzug hergestellt und der Apparat abgekühlt worden ist, kann derselbe benutzt werden. Um die Oberfläche gegen Abnutzung und Beschädigung zu schützen, wird dieselbe mit Marienglas oder mit einem hellen Anstrich von Schellackfirniss, der warm aufgetragen wird, bedeckt. Ist der Apparat beschädigt worden, so muss die Fläche wieder abgefeilt, polirt und in der beschriebenen Weise von Neuem mit Selen überzogen werden. Der Widerstand dieser Elemente variirt sehr mit deren Dimensionen, der Beschaffenheit des Selens, der Art der Herstellung und anderen Zufälligkeiten.

Das so hergestellte Selen-Element eignet sich sowohl für alle radiophonischen und photophonischen Apparate, als auch für zahlreiche Versuche, mittelst welcher die eigenthümlichen elektrischen Eigenschaften dieses bisher noch wenig studirten Metalles nachweisbar sind. Um gute Resultate zu erhalten, sind etwa zehn Leclanché-Elemente auf Spannung verbunden, um Telephone mit starkem Widerstande, d. h. solche anzuwenden, bei denen feiner Draht in vielen Windungen um den zu magnetisirenden Eisenkern herumgewunden ist.

Bei der Durchführung der radiophonischen oder photophonischen Versuche könnte man polarisirtes Licht benutzen und elektrisch oder magnetisch auf dasselbe einwirken, wie Fig. 104 illustrirt.

Das Mikrophon M, welches als Sender dient, liegt mit einer Batterie B und einem Elektromagnete P in einem Stromkreise. Das von einer Lichtquelle F kommende Licht wird durch eine Linse L auf ein Nicol'sches Prisma R geworfen, um von diesem aus nach dem Analyseur R_1 zu gehen. Den zwischen R und R_1 liegenden Theil der Strahlen umschliessen die Pole des Elektromagnetes P. Wenn nun beim Sprechen das Mikrophon M die Stärke des Stromes in B Schwankungen unterwirft, so wird die Polarisationsebene mehr oder weniger gedreht und demgemäss verschwinden mehr oder weniger Strahlen R_1, was sich in der Selenzelle bemerkbar macht und durch diese auf ein Telephon übertragen werden kann, welches dadurch zum Tönen gebracht wird.

Fig 104.



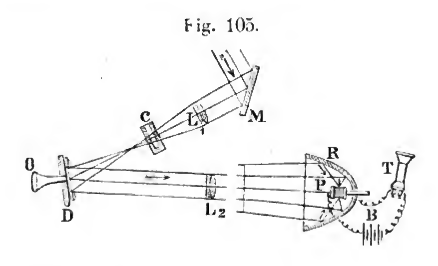
Am besten und einfachsten benutzt man einen Planspiegel aus biegsamem Material, z. B. versilbertem Glimmer oder dünnem Glas, und lässt die Stimme des Sprechenden gegen die Rückseite des Spiegels wirken, um dadurch das vom Spiegel zurückgeworfene Licht in Schwingungen zu versetzen, die mit jenem des Diaphragmas selbst übereinstimmen.

Will man die Laute in einiger Entfernung wiederholen, so kann man eine kräftige Lichtquelle benutzen. Bell und Tainter experimentirten besonders mit Sonnenlicht, concentrirten dasselbe durch Linsen auf dem Diaphragma-Spiegel, machten es nach der Reflection durch andere Linsen wieder parallel und fingen es an der Empfangsstelle in einem parabolischen Spiegel auf, in dessem

Brennpunkte die Selenzelle aufgestellt war, die sich mit einem Telephon und einer galvanischen Batterie in einem Stromkreise befand.

Fig. 105 illustrirt diesen Apparat, der von Bell als Photophon bezeichnet wurde. Die Lichtstrahlen werden vom Planspiegel *M* aufgefangen und von demselben nach der Linse L_1 reflectirt, welche dieselben auf das Spiegeldiaphragma *D* condensirt, nachdem sie eine Lösung schwefelsaurer Thonerde, die in einem Glaskästchen *C* enthalten ist, durchdrungen haben, um die nicht leuchtenden Wärmestrahlen zu absorbiren. Der Spiegel *D* ist mit

Fig. 105.



dem Mundstück *O* versehen, in welches gegen die Rückseite hineingesprochen und dadurch der Spiegel in Vibrationen versetzt wird, welche entsprechende Schwingungen in dem vom Spiegel reflectirten Lichte hervorrufen. Diese afficirten Lichtstrahlen werden von dem Spiegel *D* durch die Zerstreuungslinse L_2 in den parabolischen Spiegel *P* geworfen, in dessen Focus sich die Selenzelle befindet, welche die Oscillationen in der Lichtintensität in Schwingungen der Stromstärke ihres Schliessungskreises umsetzt und so die erregenden Schallwellen im Telephon *T* reproducirt.

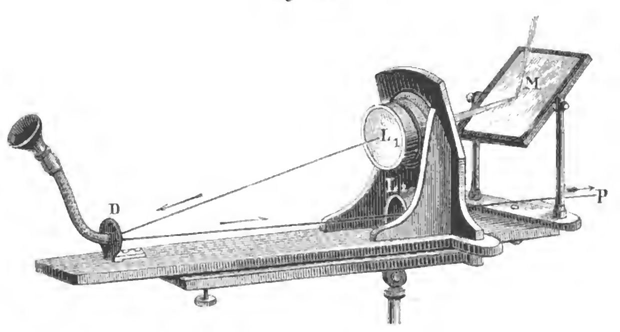
Mit diesem Apparate experimentirten Bell und Tainter zwischen zwei 213 M. voneinander entfernten Häusern in Washington. Sie fanden dabei, dass die Wiedergabe der Rede auch bei Knallgaslicht und selbst beim Lichte einer Petroleumlampe möglich sei. Die lautesten Wirkungen erhielten sie bei raschen Unterbrechungen des Lichtes mittelst einer durchlöcherten Scheibe, welche lautlos rotirt und dabei im Telephon musikalische Töne entstehen lässt, während im Sender (bei *D* in Fig. 105) kein Ton erzeugt wird. Will man aber Wirkungen aus der Ferne hervorbringen, so stellt man vor der rotirenden Scheibe einen undurchsichtigen Schirm auf, der mittelst eines Hebels in und aus dem Lichtstrahl geschwungen werden kann; bei der Bewegung dieses Schirmes mit der Hand kann man alsdann musikalische, den Strichen und Punkten eines telegraphischen Morse-Apparates entsprechende Zeichen in der Ferne hervorbringen. Ganz unterdrücken kann man jedoch die Töne selbst durch einen Schirm aus Hartgummi nicht, wohl aber ist dies der Fall, wenn man die Hand noch dazwischen hält und mit dieser die unsichtbaren Strahlen auffängt. Dieses telegraphische Verfahren wird als Teleradiophonie bezeichnet.

Fig. 106 stellt einen grösseren Apparat von etwas modificirter Anordnung dar und sind darin die der vorigen Figur entsprechenden Theile mit denselben Buchstaben bezeichnet; in der Richtung des Strahlenbündels *P* ist der parabolische Spiegel mit der Selenzelle und dem Telephon zu denken.

Von Interesse sind die Versuche, welche von Graham Bell im August 1880 angestellt wurden. Derselbe beobachtete nämlich, dass dünne Scheiben oder Diaphragmas

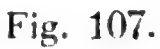
aus verschiedenen Materialien tönend wurden, wenn man dieselben der Wirkung eines intermittirenden, d. i. undulirenden Sonnenstrahles aussetzte. Diese Erscheinung versuchte Bell dadurch zu erklären, dass in den die Diaphragmata bildenden Substanzen moleculare Strörungen einträten, durch welche die Töne hervorgerufen würden. Etwas später unterwarf Lord Raleigh diesen Gegenstand einer mathematischen Untersuchung und kam zu dem Schluss, dass die hörbaren Wirkungen durch die Biegung

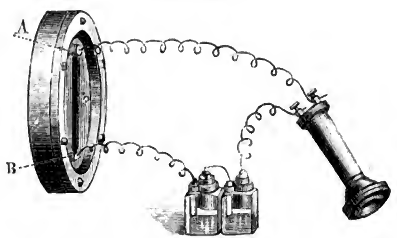
Fig. 106.



der Platten in Folge ungleicher Erwärmung entstünden. Diese Erklärung ist neuerdings von Preece angefochten worden, welcher der Meinung ist, dass, wenn schon durch den intermittirenden Lichtstrahl Vibrationen in den Platten hervorgerufen werden mögen, doch diese Vibrationen nicht die Ursache der tönenden Wirkungen sind. Nach ihm sind es die in Folge der vom Diaphragma hervorgerufenen pulsirenden Erwärmung der Luft entstehenden Luftundulationen, welche die Töne erzeugen. Preece wurde durch das Fehlschlagen der zur Prüfung der

Raleigh'schen Theorie unternommenen Versuche zur Verwerfung dieser Theorie veranlasst und sah sich nun gezwungen die Erklärung der Ursache der beobachteten merkwürdigen Erscheinung in einer anderen Richtung zu suchen; hierdurch wurde er auf die obige sinnreiche Hypothese geführt. Aber die Versuche, welche Preece nicht geglückt waren, wurde von Bell mit vollständigem Erfolge wiederholt und dadurch die Richtigkeit der Raleigh'schen Hypothese festgestellt. In einem Vortrage vor der American Association for Advancement of Science


Fig. 107.



am 27. August 1880 wies Bell, gestützt auf die Resultate seiner Versuche, nach, dass die hörbaren Schallwellen aus der Expansion und Contraction des der Lichtstrahlwirkung ausgesetzten Materiales resultiren und dass wirklich hin- und hergehende Bewegungen des Diaphragma eintreten, welche im Stande sind, tönende Effecte hervorzurufen. Der Grund, weshalb die von Preece angestellten Experimente fehlschlugen, lag darin, dass derselbe die Schallwellen mittelst eines Hughes'schen, sehr empfindlichen Mikrophons (Fig. 107) zu entdecken versuchte und dass die vibrirende Fläche auf den Mittelpunkt des Diaphragma beschränkt war. Unter solchen Umständen

konnte es leicht geschehen, dass die Träger *A*, *B* der mikrophonischen Kohlenstange solche Theile des Diaphragma berührten, welche sich so gut wie im Ruhezustande befanden. Es war für Bell von Interesse, zu bestimmen, ob die eben angedeutete von ihm vorausgesetzte Localisirung der Vibrationen wirklich einträte. Der Nachweis gelang ihm mit dem in Fig. 108 und 109 abgebildeten Apparate.

Fig. 108.

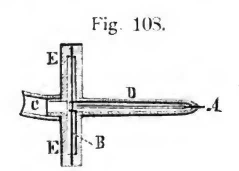
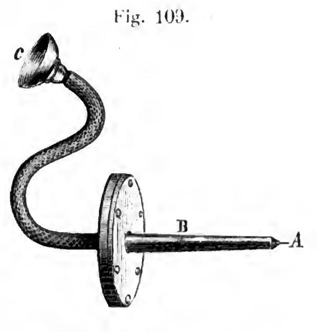


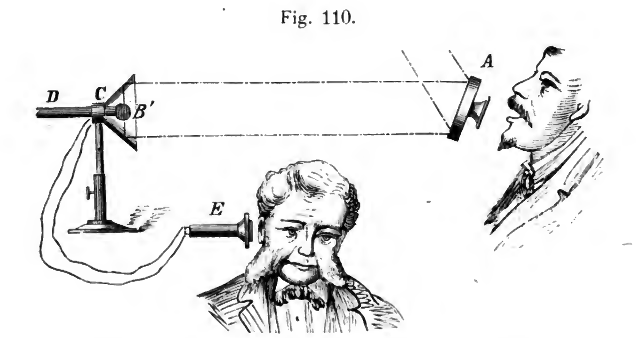
Fig. 109.



Das abgebildete Instrument ist eine Modification des schon 1827 von Wheatstone erfundenen Mikrophons und besteht wesentlich aus einem metallenen Diaphragma *B* (Fig. 108). In Wheatstone's ursprünglicher Anordnung wurde das Diaphragma direct an das Ohr und die freien Enden des Drahtes mit dem tönenden Körper, z. B. einer Uhr, in Berührung gebracht. In der jetzigen Anordnung ist das Diaphragma am Umfange zwischen zwei ausgehöhlten Platten, ähnlich wie ein Telephon-Diaphragma (Membran), eingespannt und die Schallwellen werden dem Ohre durch ein biegsames Rohr zugeführt, an dessen freiem Ende sich der Schalltrichter *c* befindet. Der Draht *A* ist durch den röhrenförmigen Handgriff *D* geführt und ragt mit seinem Ende aus diesem Handgriffe hervor. Wurde das Drahtende *A* an die Mitte

eines durch einen intermittirenden Lichtstrahl afficirten Diaphragmas gehalten, so wurde von dem an den Schalltrichter *c* angelegten Ohr ein klarer musikalischer Ton vernommen. Das Fläche des afficirten Diaphragma wurde alsdann mit dem Drahtende *A* auf diese Weise weiter untersucht und erwies sich in allen beleuchteten Theilen auf beiden Seiten als tönend. Ausserhalb des beleuchteten Theiles des Diaphragmas wurden die Töne immer schwächer, bis sie endlich in einer gewissen Entfernung

Fig. 110.

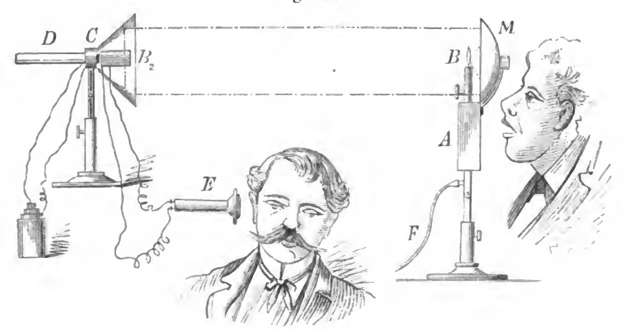


vom Mittelpunkte verschwanden. An den Stellen, wo die Träger des Hughes'schen Mikrophons (Fig. 107) befestigt waren, verhielt sich natürlich das Diaphragma ganz lautlos. Es dürfte also hiermit die Richtigkeit der oben erwähnten Raleigh'schen Theorie hinsichtlich der radiophonischen Schallwirkungen unzweifelhaft nachwiesen sein.

In den folgenden Figuren sind noch einige termophonische, ebenfalls in das Gebiet der Radiophonie gehörige Apparate dargestellt.

Fig. 110 und 111 sind Termophone. In Fig. 110 ist *A* der Uebertrager oder Sender, welcher aus einem gut polirten Zinnspiegel, ähnlich wie Bell's Photophon-Sender, besteht; *B'* ist eine hohle eiserne Kugel, welche den Pol des Magnetes *D* bildet. Diese Kugel muss sehr dünnwandig und mit Lampenruss überzogen sein, damit sie die auf dieselbe treffenden Wärmestrahlen rasch absorbirt und wieder ausstrahlt. *C* ist eine isolirte Spirale aus Kupferdraht, welche den Magnet nahe am wirksamen

Fig. 111.



Pole umgiebt und in deren Stromkreis ein Telephon *E* eingeschaltet ist. Schallwellen irgend welcher Art, die vor dem Sender *A* erzeugt werden, bewirken, dass die reflectirten Wärme- und Lichtstrahlen mit den Schallwellen unisono unduliren; diese undulirenden Wärme- und Lichtstrahlen treffen gegen den Magnetpol B^2 und bringen entsprechende Variationen in der Stärke der magnetischen Kraft hervor, wodurch wiederum in der Drahtspule *C* magnetelektrische Ströme erzeugt werden. Diese magnetelektrischen Ströme entsprechen nach Zeitdauer und

Stärke der vor dem Sender A erregten Schallwellen und reproduciren mittelst des Telephons E irgend einen vor dem Sender erregten Ton oder Schall.

Die Wirkungsweise des in Fig. 111 dargestellten Instrumentes ist ähnlich derjenigen des oben beschriebenen; der Unterschied liegt einzig in der Anordnung des Senders, welcher aus einem manometrischen Flammen-Apparate gewöhnlicher Construction besteht, der in der Thermosäule B^2 elektrische Ströme erregt, welche im Telephon E hörbare Wirkungen hervorbringen. Mit Bezug auf den manometrischen Flammen-Apparat ist zu bemerken, dass derselbe aus einem Resonanzkästchen A besteht, welchem durch das Rohr F Leuchtgas zugeführt wird, während auf einem Kästchen der regulirbare Brenner B vor dem Hohlspiegel M angebracht ist. Die übrigen Buchstaben bezeichnen dieselben Theile wie in Fig. 110.

Mercadier hat das eben beschriebene System der Teleradiophonie noch weiter zu einer Multiplextelegraphie ausgebildet, um gleichzeitig eine grössere Anzahl von Telegrammen auf demselben Drahte, und zwar sowohl von A als von B, als auch von B nach A zu senden. Zu diesem Zwecke lässt man mehrere Lichtstrahlenbündel auf die Selenzelle fallen und macht jedes Bündel durch eine besondere Scheibe intermittirend, so dass die durch die einzelnen Scheiben hervorgerufenen Telephontöne verschiedene Höhe haben. Bringt man alsdann auf der Station B eben so viele Telephone an, als auf der Station A Lichtbündel und rotirende Scheiben vorhanden sind, so wird, wenn die sämmtlichen Scheiben in A gleichzeitig arbeiten, in jedem auf der Station B befindlichen Telephon derselbe zusammengesetzte Ton erzeugt werden, dessen Bestandtheile die den einzelnen Scheiben entsprechenden

Töne sind. Mercadier versieht nun jedes Telephon mit einem Resonator, welcher auf den einer bestimmten Scheibe in *A* entsprechenden Ton abgestimmt ist, der also von den Bestandtheilen des zusammengesetzten Tones nur diesen einen, seiner Stimmung entsprechenden Ton verstärkt. Man wird daher mit jedem Telephon deutlich nur die mit einer bestimmten Scheibe gegebenen Zeichen vernehmen, so dass je eine Scheibe und ein Telephon als zusammengehörige Apparate miteinander, unabhängig von den anderen Apparaten, arbeiten. Man kann daher gleichzeitig so viel Telegramme auf demselben Drahte von *A* nach *B* hin befördern, als in *A* umlaufende Scheiben und in *B* Telephone vorhanden sind. Wenn man beide Stationen mit beiden Arten von Apparaten versieht, so kann man auch gleichzeitig noch von *B* nach *A* hin Telegramme senden.

Interessant ist diese Art der Telegraphie, jedoch vorläufig ohne praktischen Werth.

VIII.

Anwendung der telephonischen und mikrophonischen Apparate für technische und wissenschaftliche Zwecke.

Bereits im Jahre 1878 publicirte Edison einige interessante Mittheilungen über Untersuchungen bezüglich Anwendung seines telephonischen Kohlen-Telephons (vergl. S. 121) zur genauen Messung geringer Pressungen. Den zu diesen Untersuchungen benutzten Apparat nannte er wegen dessen grosser Empfindlichkeit „Mikro-Tasimeter".

Das Mikro-Tasimeter ist überhaupt das empfindlichste Instrument für Druckmessungen. Dasselbe ist auf die von Edison entdeckte Thatsache begründet, dass fein poröser Kohlenstoff, z. B. Lampenruss, der in Form von dünnen Platten oder von Kügelchen zusammengepresst worden ist, den hindurchgeleiteten elektrischen Strömen einen Widerstand bietet, der sich mit dem leisesten Drucke verändert. Diese Empfindlichkeit des Kohlenstoffes gegen Druck ist so gross, dass schon eine Luftdruckveränderung von ein Millionstel Zoll englisch Quecksilbersäulenhöhe durch die Stromveränderung eine Ablenkung der Galvanometernadel hervorruft, welche (nach Edison) proportional mit dem Drucke wächst.

Dieses Instrument ist aus den Versuchen hervorgegangen, welche Edison mit dem Telephon zur Angabe der Veränderung elektrischer Ströme durch die menschliche Stimme anstellte und es wurde dasselbe zur Messung minimaler Temperaturveränderungen empfohlen, jedoch ist die zu diesem Zwecke nöthige Genauigkeit etwas fraglich, obschon die Empfindlichkeit des Instrumentes an das Wunderbare grenzt.

Edison empfahl sein Mikro-Tasimeter zum Nachweis der Temperaturveränderungen in den verschiedenen Theilen des Sonnen-Spectrums, indem damit eine viel grössere Schärfe der Messung zu erreichen sei, als mit der bisher zu demselben Zwecke benutzten Thermosäule. In der That ist das Edison'sche Instrument in Amerika von den Astronomen gelegentlich der Beobachtung von Sonnenfinsternissen benutzt worden, um die von den verschiedenen Theilen der Sonnen-Atmosphäre ausgestrahlte Wärme zu messen. Eine weitere praktische Anwendung sollte das Mikro-Tasimeter in der Schifffahrt finden,

indem dadurch den Seefahrern die Annäherung von schwimmenden Eisbergen bei Zeiten angekündigt werden könne. Zu dem Zwecke sollte das Instrument in ein wasserdichtes Gehäuse eingeschlossen am Schiffskiele angebracht und mit einer constanten elektrischen Batterie verbunden werden, welche in ihrem Stromkreise ein am geeigneten Orte aufgestelltes Galvanometer eingeschaltet erhält. Auf diese Weise wäre es bei der grossen Empfindlichkeit des Instrumentes gegen Temperaturveränderungen wohl möglich, die durch einen sich dem Schiffe nähernden Eisberg hervorgerufene Abkühlung des Wassers bei Zeiten zu bemerken. Ob das Instrument auf diese Weise schon Verwendung gefunden hat, ist uns nicht bekannt.

Sehr gut lässt sich das Mikro-Tasimeter zur Bestimmung kleiner Druckveränderungen benutzen. Die Einrichtung ist in Fig. 112 bis 114 dargestellt.

Fig. 112 zeigt die Totalansicht des Instrumentes, wobei dasselbe mit einer Batterie und einem Galvanometer verbunden ist. *A* ist ein mit der metallenen Grundplatte *C* ein Ganzes bildender massiver Ständer, an welchem der bereits aus Fig. 48 bekannte Edison'sche Kohlencontact, bestehend aus einer Kohlenscheibe *F* (Fig. 113) und einem Metallknopfe *G*; die Kohlenscheibe *F* ist in die Vertiefung einer Vulcanitplatte *D* eingesetzt, so dass sie sich mit dem platinirten Kopfe der Schraube *E* im Contact befindet, mit welcher letzteren die Vulcanitscheibe am Metallständer *A* befestigt ist. Auf der äusseren Fläche der Kohlenscheibe liegt eine gleich grosse Scheibe aus Platinfolie auf und mit derselben ist das eine Drahtende des die Batterie und das Galvanometer einschliessenden Stromkreises verbunden, dessen

anderes Drahtende mit dem Ständer *A* in Verbindung steht. Auf der Fussplatte *C* befindet sich in etwa 10 Cm.

Fig. 112.

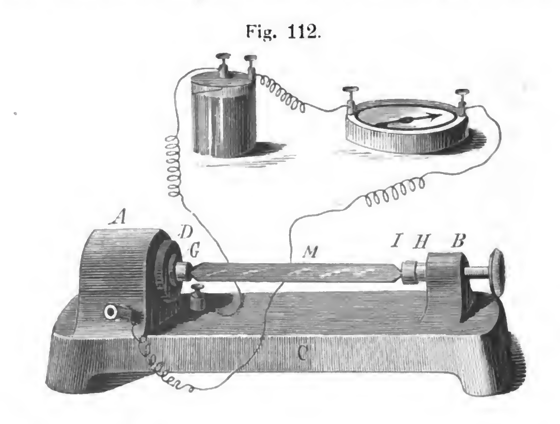


Fig. 113.

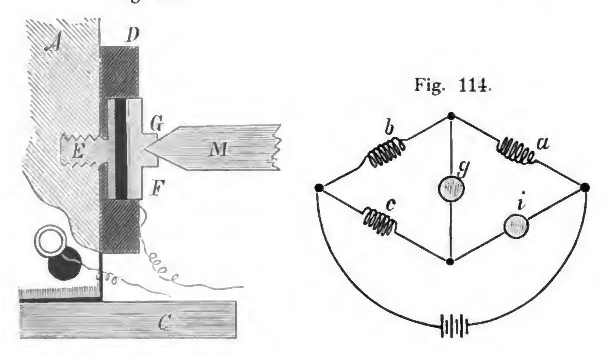


Fig. 114.

Entfernung vom Ständer *A* ein zweiter kleinerer Ständer *B*, durch welchen eine Schraube *H* hindurchgeht.

Zwischen dem mit der Kohlenplatte in leitender Verbindung stehenden Metallknopfe *G* und der mit einem Ansatze *I* versehenen Gegenschraube *H* wird der an beiden Enden zugespitzte und in Vertiefungen eingreifende Stab *M* des zu untersuchenden Materials eingespannt, wie aus Fig. 112 und 113 ersichtlich ist. Die Schraube *H* wird hierbei nur so stark angezogen, dass die Galvanometer-Nadel um einige Grade ausschlägt. Hierauf wird die Ruhestellung der Nadel notirt. In diesem Zustande des Apparates wird die geringste Compression oder Expansion des Stabes *M* sofort durch eine entsprechende Bewegung der Galvanometernadel angezeigt.

In dieser Weise zeigt sich ein Stäbchen *M* aus Hartgummi, das im Apparate eingespannt ist, äusserst empfindlich, sobald nur die Hand aus einer Entfernung von mehreren Centimetern demselben genähert wird; ein gewöhnliches Galvanometer giebt dabei schon einen starken Ausschlag. Ein Glimmerstäbchen wird ähnlich beeinflusst und ein Gelatine-Stäbchen wird durch die Annäherung eines angefeuchteten Papierstreifens sofort ausgedehnt, wie dies aus dem Ausschlag der Galvanometer-Nadel deutlich ersichtlich ist.

Für feinere Untersuchungen wird die in Fig. 114 abgebildete Wheatstone'sche Brücke in Verbindung mit einem Thomson'schen Spiegel-Galvanometer benutzt. In Fig. 114 befindet sich bei *i* das Tasimeter, bei *g* das Galvanometer, während bei *a*, *b* und *c* gleich grosse Widerstände eingeschaltet sind. Das Tasimeter wird hierbei auf einen bestimmten Widerstand, z. B. auf 10 Ohm, ausgeglichen. Durch eine Vermehrung oder Verminderung des Druckes auf die Kohlenplatte, in Folge einer sonst ganz unmessbaren Ausdehnung oder Zusammenziehung

des im Tasimeter eingespannten Stäbchens *M* wird sofort ein Ausschlag am Galvanometer bemerklich, der in einem gewissen Verhältniss zu der Längenveränderung des Stäbchens steht.

Sogleich nach Bekanntwerden der Entdeckung Arago's vom Einflusse rotirender Metallplatten auf eine Magnetnadel (1824) und Faraday's wichtiger Entdeckung der Volta- und Magnet-Induction (1831) wurde es klar, dass die in einer Metallmasse circulirenden Inductionsströme zur Erkenntniss der molecularen Construction der Körper ein wichtiges Hilfsmittel abgeben könnten.

Diese Frage wurde hauptsächlich von Babbage, John Herschel und Dove studirt, welcher Letzterer eine sogenannte Inductionswage construirte, in welcher zwei getrennte Inductionsspulen, jede aus einer Primär- und einer Secundärspirale bestehend, so miteinander verbunden waren, dass der in der einen Spule inducirte Strom den Inductionsstrom in der entgegengesetzten Spule neutralisirte. Diese so hergestellte Inductionswage nannte Dove einen Differential-Inductor.

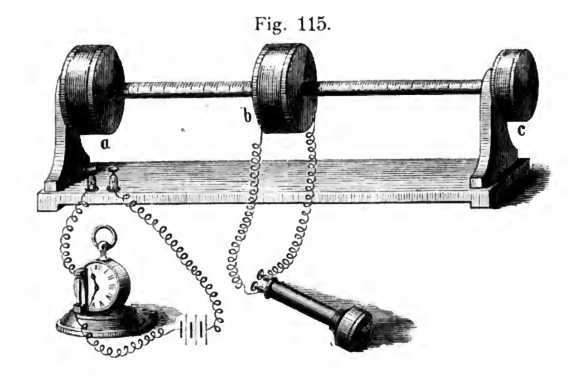
Eine interessante und wichtige Anwendung hat das Telephon durch den um die Herstellung mikrophonischer Apparate verdienten Professor Hughes für wissenschaftliche Untersuchungen gefunden, indem derselbe dieses Instrument zum Studium molecularer Wirkungen benutzte. Das Telephon scheint zur Zeit das einzige Mittel zu sein, um moleculare Reactionen deutlich bemerkbar zu machen.

Das für diese Art Untersuchungen benutzte Telephon dient als Entdeckungs- und Mess-Apparat und als Erregungs-Apparat benutzte er die von Dove erfundene Inductionswage, deren Empfindlichkeit ausserordentlich

gross und deren Einrichtung je nach dem Zwecke, welchem sie dienen sollen, verschieden ist. Wir gehen daher auf eine Beschreibung der hierher gehörigen wichtigsten Apparate ein.

Das Audiometer oder Sonometer (Fig. 115) hat den Zweck, die Feinheit des Gehörs mit der grössten Genauigkeit zu messen; dasselbe besteht im wesentlichen aus einer graduirten Stange, auf welcher sich drei In-

Fig. 115.



ductionsrollen befinden. Die erste *a* dieser Drahtrollen ist auf dem linken Stangenende befestigt, sie ist mit etwa 100 M. Draht versehen, während die zweite Rolle *b* in der Mitte mit der ersten vollständig identisch ist, aber verschiebbar auf der Stange sitzt. Die dritte, rechts befindlishe Rolle *c* ist auf dem anderen Stangenende befestigt und viel kleiner als die beiden anderen, indem auf derselben nicht mehr als höchstens 1 M. Draht aufgewunden ist. Die Drahtrollen *a* und *c* sind derartig miteinander verbunden, dass sie entgegengesetzte und in Folge ihrer

verschiedenen Drahtlängen sehr ungleiche Einflüsse auf die mittlere Rolle *b* ausüben. Im Stromkreise dieser letzteren Rolle ist ein Telephon eingeschaltet, während im Stromkreise der beiden anderen Rollen sich ein Mikrophon und eine Uhr eingeschaltet befinden. Es ist aus den vorstehenden Angaben leicht ersichtlich, dass je näher die Rolle *b* der Rolle *c* zu stehen kommt, umsomehr die verschiedenen Einwirkungen der beiden Rollen *a* und *c* auf die Rolle *b* sich ausgleichen werden und eine um so geringere Einwirkung auf das Telephon hervorgebracht zum Vorschein kommt; bei noch grösserer Annäherung der Rolle *b* an die Rolle *c* wird endlich das Telephon sich ganz schweigsam verhalten. Die Rolle *b* befindet sich alsdann im Nullpunkte der Scala. Wird von diesem Punkte der Scala aus die Rolle *b* wiederum behutsam nach der Rolle *a* hin verschoben, so wird das Telephon vom schwächsten Schalle an allmählich stärker ansprechen, respective das Ticken der mit den Rollen *a* und *c* verbundenen Uhr, unter Mitwirkung des eingeschalteten Mikrophons, reproduciren.

Die in Fig. 116 abgebildete Hughes'sche Inductionswage[1]) ist nach denselben Principien construirt, nur mit dem Unterschiede, dass hier nicht, wie im Audiometer, die eine Drahtrolle um ihre Gleichgewichtslage verschoben wird, sondern dass die Drahtrollen in einer gewissen, einmal regulirten Stellung verbleiben.

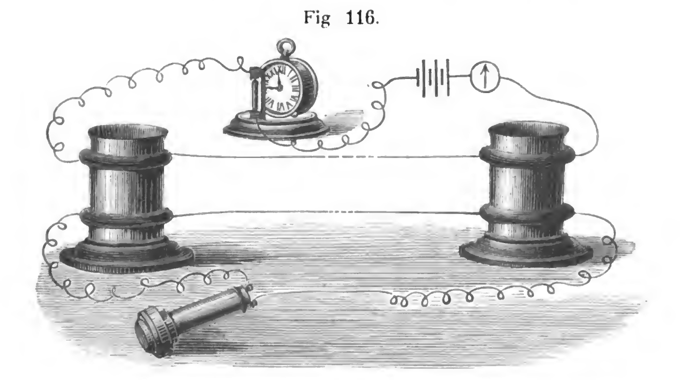
Der Apparat besteht im Wesentlichen aus zwei hohlen, von Holz oder Ebonit hergestellten cylindrischen Bechern von ungefähr 10 Cm. Höhe und 3 Cm. Durchmesser, auf deren jeden auswendig vier vorstehende schmale Ringe

---

[1]) „La Lumière électrique" 1881, S. 19.

angebracht sind, zwischen welche ungefähr je 150 M. mit Seide umsponnener Kupferdraht Nr. 32 gewunden wird, so dass auf jedem Cylinder zwei etwa $^1/_2$ Cm. hohe Drahtspulen gebildet werden. Diese Drahtrollen sind so gewickelt, dass die Inductionswirkungen des voltaischen Stromkreises auf den secundären Stromkreis sich vollständig ausgleichen und daher ein in der abge-

Fig 116.



bildeten Weise mit dem Apparat verbundenes Telephon keinen Ton hören lässt.

Die beiden Cylinder bilden gewissermassen die Schalen der so hergestellten Inductionswage. Bringt man aber in den einen Cylinder irgend ein Stück Metall, z. B. ein Geldstück, so wird sofort das Gleichgewicht der elektrischen Compensation durch den so eingeführten Widerstand gestört und das Telephon kommt zum Tönen. Dieses Instrument ist ausserordentlich empfindlich, so dass selbst dann das Gleichgewicht gestört wird, wenn man in jeden der Becher ein gleichwerthiges Geldstück

bringt, sobald diese Stücke nicht absolut von gleichem Gewichte und genau derselben Legirung sind, so dass das Telephon hier nicht nur zum Nachweis ganz geringer Gewichtsdifferenzen, sondern auch zum Nachweis einer chemischen Verschiedenheit dienen kann, die so gering ist, dass sie der chemischen Analyse entgeht.

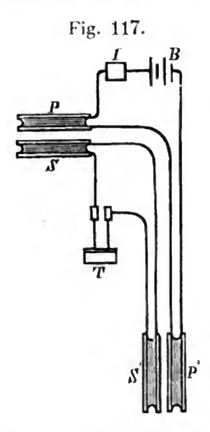
Ein interessantes neues telephonisches Instrument ist der „elektrische Submarine-Finder" (electric submarine detector) vom englischen Capitän McEvoy, welcher ebenfalls auf der Anwendung der Inductionswage beruht.

Schon bei seinen ersten Versuchen mit der Inductionswage wies Professor Hughes die ausserordentliche Empfindlichkeit des Apparates gegen Vorhandensein kleiner Metallstücke nach, sobald dieselben in die Nähe der einen oder anderen Inductionsspirale gebracht wurden. Der erste Versuch zur praktischen Benutzung der Inductionswage zum Zwecke der Entdeckung verborgener Metallmassen scheint jedoch von dem Civil-Ingenieur J. Munro gemacht worden zu sein, welcher 1880 eine Inductionswage zur Auskundschaft von unterirdischen Metalllagern und Erzadern beschrieb. Dieser Apparat ähnelt ganz und gar der vom Professor Bell construirten und in Fig. 115 abgebildeten Inductionswage; ein ebensolcher Apparat wurde auch bei den Versuchen, die Kugel im Körper des verwundeten Präsidenten der Vereinigten Staaten, Mr. Garfield, ausfindig zu machen, benutzt.

Fig. 117 illustrirt die Anordnung des McEvoy'schen submarinen Finders, welcher zur Auffindung von Torpedos, versunkener eiserner Schiffe, verloren gegangener Anker und anderer auf dem Meeresgrunde liegender metallener Gegenstände gute Dienste leisten soll. *P S* und *P' S'* sind vier Inductionsspiralen, welche paarweise angeordnet

und durch isolirte Drähte miteinander verbunden sind. Die Spiralen *P* und *P'* liegen im Stromkreise der Batterie *B*; in diesem Stromkreise befindet sich auch der Interruptionstaster *I* und es bilden diese Spulen also den primären Stromkreis des Apparates. Die Spulen *S* und *S'* sind durch ein Telephon *T* verbunden und bilden den secundären Stromkreis der Inductionswage. Der Interruptor *I* kann mit der Hand oder automatisch so bewegt werden, dass er eine continuirliche Wirkung ergiebt. Wenn der primäre Stromkreis geschlossen ist, so geht ein Strom durch die Primärspulen *PP'* und inducirt einen entsprechenden Strom in den Secundärspulen *SS'*. Dieser Strom ist natürlich im Telephon *T* hörbar; aber durch die Umkehrung einer der Secundärspulen (z. B. *S'*) wird in derselben durch die entsprechende Primärspule (*P'*) ein entgegengesetzter Strom in der umgekehrten Spule erregt, so dass es also möglich ist, die beiden Inductionsströme zum gegenseitigen Ausgleich zu bringen, wobei das Telephon schweigsam wird. Dieser Zustand ist durch die gleiche Anzahl von Drahtwindungen auf den Spulen und eine genaue Adjustirung in deren gegenseitiger Entfernung zu erreichen. Ist die Inductionswage auf diese Weise in den Gleichgewichtszustand versetzt, so wird die Stelle des Meeresbodens, wo man die Metallmassen vermuthet, mit den Spulen *S' P'* untersucht, indem man diese Spulen darüber hinweg bewegt. Sobald wirklich

Fig. 117.



Metallmassen vorhanden sind, wird der Gleichgewichtszustand der Inductionswage gestört und das Telephon kommt zum Tönen, wodurch der Fund kundgegeben wird.

Eine nicht unwichtige Anwendung hat das mit der Inductionswage verbundene Telephon zur Messung der Torsion und damit auch der Anstrengung von Maschinenwellen gefunden. Bereits 1880 wurde von C. Rosio der Pariser Akademie die Beschreibung einer bezüglichen mechanischen Vorrichtung vorgelegt, welche der Genannte neuerdings zweckmässig verbessert hat. Der Apparat besteht aus zwei Theilen, die durch einen Stromkreis verbunden sind. Der eine Theil, der an der rotirenden Welle angebracht ist, bildet den telephonischen Uebertrager oder Sender, während der andere Theil, welcher irgendwo Platz finden kann, den telephonischen Empfänger oder Geber repräsentirt. Das Princip, auf welches der Apparat sich basirt, ist dem in Fig. 117 illustrirten ganz ähnlich und zu seiner Erklärung diene Folgendes: Wenn in einem Stromkreise, der eine Batterie und einen Interruptor enthält, zwei identische Drahtspulen, eine rechts und eine links gewundene, hintereinander eingeschaltet sind, so werden die Inductionsströme, welche in zwei anderen, in jeder Beziehung gleichen und ebenfalls hintereinander in den Stromkreis eines Telephons eingeschalteten Drahtspulen erregt werden, einander ausgleichen und auf Null bringen, so dass das Telephon stumm bleibt, sobald die zuletzt erwähnten Spulen sich in gleicher Entfernung von *F* an ersterwähnten Primärspulen befinden; dagegen wird das Telephon zum Tönen kommen, wenn die Entfernungen ungleich sind.

Um eine Idee von dem Uebertragungs-Apparate zu erhalten, nehme man an, es sei auf der Maschinenwelle

eine steife Metallstange von 1·5 bis 2 Mtr. Länge parallel zur Wellenaxe angebracht und mit dem einen Ende an der Welle befestigt, während das andere Ende der Stange die eine Primärspule trägt. Wenn nun auf der Welle gegenüber dieser Primärspule eine Secundärspule in solcher Entfernung und auf solche Weise angebracht ist, dass ihre Axe in derselben geraden Linie liegt, und dass durch die Torsion der Welle in dem Theile ihrer Länge, welcher der steifen Stange gegenüber sich befindet, die Primärspule der Secundärspule genähert oder davon entfernt wird, je nachdem die Torsion nach der einen oder anderen Richtung stattfindet, so wird die Entfernung der beiden Spulen stets in einer gewissen Beziehung zu der vom Motor verrichteten Arbeit stehen, indem durch diese Arbeit die Torsion der Welle herbeigeführt wird.

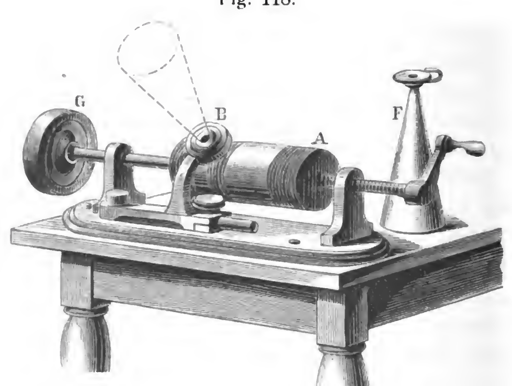
Der Empfangs-Apparat besteht, wie schon bemerkt wurde, aus zwei Spulen, die mit denen des Uebertragers identisch und in derselben Entfernung und auf dieselbe Weise angeordnet sind. Eine dieser Spulen kann auf einer Scala vorschoben werden, um sie zur anderen Spule in eine bestimmte Entfernung zu bringen. Verschiebt man nun während des Betriebes der betreffenden Maschinenwelle diese letztere Spule, bis das Telephon verstummt, so ist die Entfernung der Spulen des Empfängers gleich der Entfernung der Spulen des Uebertragers und man kann auf der vorher durch Versuche graduirten Scala ablesen. Wenn man mit L den Hebelarm der zu bestimmenden Kraft K bezeichnet, so ist die bei jeder Umdrehung der Welle verrichtete Arbeit gleich $2\pi\ LK$.

IX.

Der Phonograph oder sprechende Lautschreiber.

Der Phonograph, ein von Edison erfundenes, höchst merkwürdiges Instrument, beruht darauf, dass die von der Stimme erregten Schallwellen plastisch fixirt

Fig. 118.



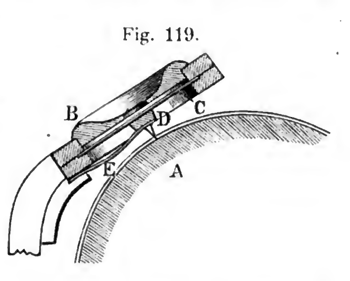
werden und deren bleibende Nachbildung zur beliebigen Reproduction der Stimme benutzt werden können.

Fig. 118 und 119 stellen den Apparat in der Gesammtansicht und im Hauptdetail dar.

Der Apparat besteht aus einem mit sehr feinem Gewinde versehenen Messingcylinder *A*, der auf einer langen ebenfalls mit feinem Gewinde versehenen Schraubenspindel sitzt, welche mittelst einer Kurbel in Umdrehung versetzt

werden kann; um die Drehung möglichst gleichmässig zu machen, ist auf der Spindel ein kleines schweres Schwungrad *G* angebracht. Seitlich vom Cylinder befindet sich ein Stativ *B* mit einer telephonischen Membran *C*, welche sowohl als Sender, als auch als Geber zu wirken hat. In der Mitte der Membran ist eine feine Stahlspitze *D* angebracht, welche an der Feder *E* so befestigt ist, dass sie mit ihrer flachen Basis an der Membran anliegt und mit derselben schwingen muss. Der spiralartig geriefte Cylinder *A* wird vor der Anstellung des Experimentes mit Staniol bedeckt und die Stahlspitze *D* an dem einen Cylinderende in die spiralförmige Riefe eingestellt. Nun wird die Schraubenspindel so gedreht, dass der festgehaltene Cylinder sich seiner Länge nach unter der Spitze

Fig. 119.



weg auf der Schraubenspindel verschieben muss; da nun aber der Cylinder durch die Spitze *D* nicht absolut festgehalten, sondern wegen seiner feinen spiralförmigen Riefe, in welche die Spitze eingreift, nur an der der Ganghöhe der Schraubenspindel entsprechenden Verschiebung gehindert wird, so nimmt der Cylinder neben der Verschiebung auf der Schraubenspindel gleichzeitig auch eine langsame Umdrehung um seine Achse an und demzufolge hat die zuerst unter der Einwirkung der von den Schallwellen einer gegen die Membran gerichteten Stimme vibrirende Spitze Gelegenheit, ihre Schwingungen in dem Staniolüberzug des Cylinders zu markiren. Um die

Wirkung der Stimme und insbesondere die vom Instrumente später zu bewirkende Reproduction der Stimme zu verstärken, wird über der Membran ein verhältnissmässig grosser Schalltrichter *F* angebracht.

Bei der eben beschriebenen Wirkungsweise des Instrumentes werden die Schallwellen als feine Striche und Punkte, in der Art der telegraphischen Morseschrift, auf der Staniolfläche eingedrückt. Ist die Cylinderfläche auf diese Art durch Sprechen, Singen oder Pfeifen präparirt worden, so kann man nach Zurückdrehung des Cylinders die Worte, Klänge und Töne deutlich reproduciren, indem die nunmehr in dem vorher durchlaufenen Weg wiederum sich bewegende Spitze, in Folge der Federwirkung, allen den vorher durch die Schallwellen producirten kleinen Vertiefungen folgen muss, wodurch die Membran in Schwingungen versetzt wird, welche den früher erregten Schwingungen identisch sind und welche daher auch in der umgebenden Luft für das Gehör identische Schallschwingungen erregen.

Die Idee, einen Phonographen zu construiren, rührt nicht von Edison her, sondern ist etwa zwanzig Jahre älter als Edison's Erfindung, denn schon vor ihm haben mehrere Physiker sich mit der Lösung dieser interessanten Aufgabe beschäftigt, ohne jedoch den Nagel derartig auf den Kopf zu treffen, wie der praktische Amerikaner. Im Jahre 1856 erfand Léon Scott ein Instrument, welches den Physikern als Phonautograph bekannt ist und mit welchem, jedoch mehr in theoretischem Sinne, die Möglichkeit der Lösung der vorliegenden Aufgabe bewiesen wurde. Mit diesem Apparate konnten die durch die Sprache hervorgerufenen Vibrationen einer elastischen Membran wohl genau registrirt werden, aber zu der

zweiten Function, durch welche der Edison'sche Phonograph aller Welt Bewunderung erregte, war der Scott'sche Apparat nicht befähigt, denn derselbe vermochte nicht die Sprache aus der registrirten Zeichenschrift wieder zum Vorschein zu bringen, weil er die Zeichen nur auf einer angerauchten glatten Metallfläche hervorzubringen vermochte. Trotzdem beanspruchte Scott der Edison'schen Erfindung gegenüber das Prioritätsrecht.

In gewisser Beziehung ist dieses Recht dem Franzosen Charles Cros zuzuerkennen, welcher am 30. April der Pariser Akademie der Wissenschaften eine Mittheilung zugehen liess, worin er das Princip eines Instrumentes beschreibt, welches zur hörbaren Wiedergabe der mittelst eines dem Phonautographen ähnlichen Instrumentes registrirten Töne und Worte dienen sollte.

Nach den „Comptes rendus", Bd. 85, S. 107, lautet der von Cros auf seine Erfindung erhobene Anspruch wie folgt: „Im Allgemeinen besteht mein Process darin, die hin- und hergehende Spur (trace de va-et-vient) von einer vibrirenden Membran zu erhalten und sich dieser Spur zu bedienen, um dieselben Undulationen mit ihren inneren Beziehungen von Dauer und Intensität auf derselben Membran oder auf einer anderen zu reproduciren, welche geeignet ist, die Töne oder Geräusche hörbar zu machen, die aus diesen Bewegungen resultiren.

Es handelt sich daher darum, eine äusserst zarte Zeichenschrift, wie die ist, welche man mittelst eines leicht über eine angerauchte Fläche gleitenden Stiftes erhält, so umzuwandeln, dass man diese Zeichenschrift erhaben oder vertieft widerstandskräftig genug erhält, um durch einen darüber gleitenden Körper eine tönende Membran in Schwingungen zu versetzen.

Zu dem Zwecke bringe ich einen leichten Index, z. B. einen Federbart, Haarpinsel u. s. w., in der Mitte einer vibrirenden Membran an und lasse denselben mit der angerauchten Fläche in Berührung kommen. Diese Fläche ist mit einer Scheibe verbunden, welche einen doppelte Bewegung, nämlich eine Drehbewegung und gleichzeitig eine geradlinige Bewegung ausführen kann. Wenn die Membran sich in Ruhe befindet, so zieht der Index mit seiner Spitze auf der angerauchten Fläche nur eine einfache Spirale, ist aber die Membran in vibrirender Bewegung, so wird die aufgezeichnete Spirale wellenförmig und ihre Undulationen entsprechen nach Zeit und Intensität genau den hin- und hergehenden Bewegungen der Membran.

Hierauf überträgt man diese Spirale nach einer wohlbekannten photographischen Methode und mit Benutzung des galvanoplastischen Processes vertieft oder erhaben in Metall und bringt die Platte in einen Apparat, welcher dieselben in eine ähnliche Bewegung versetzt, wie die beim Aufzeichnen der Curve benutzte Bewegung war, wobei ein Metallstift die Spur der Curve verfolgt und dabei durch eine Feder auf eine vibrirende Membran wirkt, welche die Töne oder Sprechlaute wiederum dem Gehör bemerkbar macht.

Jedenfalls ist es vorzuziehen, die Spirallinie auf einen Cylinder anstatt auf einer ebenen Fläche anzubringen."

In dieser von Cros abgefassten Beschreibung des von ihm ersonnenen Apparates erkennt man sehr bestimmt die Grundzüge des nachher von Edison construirten Phonographen; es scheint jedoch, dass Cros seinen Apparat gar nicht ausgeführt hat, oder doch zu keinem praktischen Resultat damit gekommen ist.

Das Patent Edison's, in welchem das Princip seines Phonographen zum Ausdrucke kommt, datirt vom 31. Juli 1877; dasselbe hatte aber keinen anderen Zweck, als den der Wiederholung der Morsezeichen. In diesem Patentgesuch beschreibt Edison nur ein Mittel, jene Zeichen durch die Eindrücke zu registriren, welche ein Stift auf einen um einen Cylinder aufgewundenen Papierstreifen bewirkt, wobei der Cylinder an seiner Oberfläche mit einer feinen spiralförmigen Nuthe versehen ist. Die so hergestellten Vertiefungen sollten dazu dienen, dasselbe Telegramm automatisch zu wiederholen, indem man den so präparirten Papierstreifen unter einem Stifte hindurchgehen liess, welcher auf einen Stromunterbrecher wirkte. Es ist also in dieser Patentbeschreibung noch keineswegs die Rede von der Registrirung der Sprache und von deren Wiederholung, aber wie das amerikanische „Telegraphic Journal" vom 1. Mai 1878 bemerkt, waren in diesem von Edison erfundenen Apparate bereits alle Mittel zu Lösung dieser doppelten Aufgabe vorhanden und es war nur dem Erfinder der Gedanke zu deren Verwendung noch nicht gekommen.

Schon kurze Zeit darauf kam Edison auch wirklich auf diese Idee, und zwar, wie das erwähnte Journal erzählt, durch einen Zufall. Während seiner Versuche mit dem Telephon stach ihn ein an der Membran angebrachter Stift im Augenblicke, wo die Membran unter der Einwirkung der Stimme zu vibriren begann, ziemlich heftig in den Finger, so dass er dadurch auf die Stärke dieser Vibrationen aufmerksam wurde und daran dachte, mittelst dieses Stiftes in einer leicht nachgebenden Oberfläche die Vibrationen der Telephonmembran zu fixiren und auf diese Weise ein Mittel zu erhalten, durch welches eine

Reproduction dieser Vibrationen an einer passiven Telephon-Membran möglich werden konnte. Hiermit war der Phonograph, d. i. der sprechende Lautschreiber, in praktischer Weise erfunden, und in der That hatte der rastlos vorwärts strebende Edison schon zwei Tage darnach einen derartigen genügend wirksamen Apparat ausgeführt. Ist diese Geschichte vielleicht auch nicht ganz wahr, so ist dieselbe doch hübsch erfunden.

Im Januar 1878 wurde der Edison'sche Phonograph in Amerika patentirt und es ist unzweifelhaft seinem Constructeur der Ruhm zuzuerkennen, dass ihm mit diesem Apparate eine der merkwürdigsten Erfindungen dieses Jahrhunderts geglückt ist. Das Wunderbarste an der Sache ist die grosse Einfachheit des zu so complicirter Wirkung fähigen Apparates. Selbst Physiker wollten beim ersten Hören der Leistungen des Phonographen nicht an dessen Wirkung glauben, sondern meinten, es sei Bauchrednerei im Spiel. Es war dies der Fall, als der Apparat am 11. März 1878 zum erstenmale der Pariser Akademie der Wissenschaften vorgeführt wurde. Von Seite mehrerer Mitglieder wurde der Vertreter Edison's, ein Herr Puskas, des Betruges durch Anwendung der Bauchrednerkunst bezichtigt. Du Moncel wurde aufgefordert, den Apparat selbst zu probiren, und als nun in Folge des zu undeutlichen Hineinsprechens der Apparat seine Wirkung versagte, so brach auf Seite der Ungläubigen grosser Jubel aus. So erzählt Du Moncel selbst in seinem Buche: „Le Microphone."

Eine der erstaunlichsten Wirkungen des Phonographen ist die gleichzeitige deutliche Widerholung mehrerer mit verschiedenen Stimmen oder auch in verschiedenen Sprachen gesprochenen Phrasen, welche man

nacheinander und also übereinander auf die Staniolfläche des stets wieder von vorn am vibrirenden Membranstift vorüber bewegten Cylinders übertragen hat.

Theoretisch ist der Phonograph sicher ein sehr interessantes Instrument, indem dessen Leistungen das Studium der Entstehung der Sprechlaute schon bedeutend gefördert hat; ob derselbe sich noch eine praktische Wichtigkeit erringen wird, ist eine Frage, deren Beantwortung wir mit Sicherheit nicht zu geben vermögen.

Index.